

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-262519

(43)公開日 平成7年(1995)10月13日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 1 1 B 5/31

5/39

識別記号 庁内整理番号

A 8935-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数55 OL (全 24 頁)

(21)出願番号 特願平6-325467

(22)出願日 平成6年(1994)12月27日

(31)優先権主張番号 2 0 8 3 9 8

(32)優先日 1994年3月9日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー  
ズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSIN  
ESS MACHINES CORPO  
RATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(72)発明者 モハマド・トウフィク・クロウンビー  
アメリカ合衆国95120 カリフォルニア州  
サンノゼ パソ・ロス・セリトス 6238

(74)代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

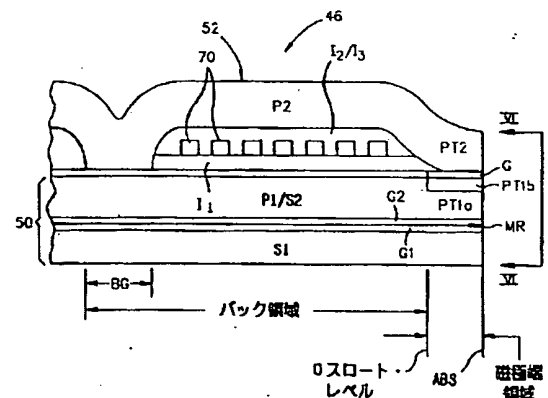
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 MR複合ヘッド及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 サイドフリンジを最小化し、オフトラック性能を改善するため、垂直に位置合せされた側壁を有するMR複合ヘッドを提供する。

【構成】 読取りヘッドの第2シールド層S2を構成する底極片P1が、短い長さ寸法のベDESTAL磁極端を有する。ギャップ層Gの長さの2倍ほどの短い長さを有するベDESTAL磁極端によって、サイドライティングが最適に最小化され、オフトラック性能が改善される。書き込みヘッドの底磁極端構造は、頂磁極端構造をマスクとして使用するイオン・ビーム・ミリングによって構成される。イオン・ビーム・ミリングは、頂磁極端構造の側壁に対してある角度に向けられ、これによって、底磁極端構造が、側壁を頂磁極端構造と位置合せされた状態でミリングされる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】底極片P1と頂極片P2とを有する書き込みヘッドを含み、

前記底極片P1が底磁極端要素PT1aと頂磁極端要素PT1bとを有し、前記頂極片P2が磁極端要素PT2を有することを特徴とし、

前記底極片とその磁極端要素PT1aとを含む第2シールド層S2を有するMR読取りヘッドを含み、

前記頂磁極端要素PT1bが、第2シールド層S2に関してベDESTALを形成することを特徴とし、

前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれが、第1および第2の側壁を有し、前記頂磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれの第1側壁が、共通して第1垂直面内にあり、前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれの第2側壁が、共通して第2垂直面内にあることを特徴とし、

前記第1および第2の垂直面が、エア・ベアリング面(ABS)において、書き込みヘッド・トラック幅を表す距離wだけ互いに離隔して置かれることを特徴とする、MR複合ヘッド。

【請求項2】ハウジングと、

ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、

磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係にMR複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、請求項1に記載のMR複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

【請求項3】前記第2シールド層S2が、前記底磁極端要素PT1aに加えて、前記頂磁極端要素PT1bを含むことを特徴とする、請求項1に記載のMR複合ヘッド。

【請求項4】前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2の間に置かれたギャップ層Gを含み、該ギャップ層Gが、第1および第2の側壁を有し、前記ギャップ層Gの第1側壁が、前記第1垂直面内に置かれ、前記ギャップ層Gの第2側壁が、前記第2垂直面内に置かれることを特徴とする、請求項1に記載のMR複合ヘッド。

【請求項5】前記磁極端要素PT2が単一層であることを特徴とする、請求項1に記載のMR複合ヘッド。

【請求項6】前記磁極端要素PT2が磁極端要素PT2aおよびPT2bを含み、前記磁極端要素PT2aおよびPT2bのそれぞれが、別々の層であることを特徴とする、請求項1に記載のMR複合ヘッド。

【請求項7】前記MR読取りヘッドが、前記第2シールド層S2に加えて第1シールド層S1と、該第1シールド層S1と前記第2シールド層S2との間

2と、

前記第1ギャップ層G1と前記第2ギャップ層G2との間に挟まれたMR素子とを含むことを特徴とする、請求項1に記載のMR複合ヘッド。

【請求項8】前記第1垂直面と前記第2垂直面との間の距離が5 $\mu$ m未満であることを特徴とする、請求項1に記載のMR複合ヘッド。

【請求項9】前記ABSでのギャップGの長さがgであり、

前記ABSでの前記頂磁極端要素PT1bの長さが、0.5gから3.0gまでの範囲内にあることを特徴とする、請求項1に記載のMR複合ヘッド。

【請求項10】前記第2シールド層S2が、前記底磁極端要素PT1aに加えて前記頂磁極端要素PT1bを含むことを特徴とする、請求項9に記載のMR複合ヘッド。

【請求項11】ハウジングと、

ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、

磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係にMR複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、請求項10に記載のMR複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

【請求項12】前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2の間に置かれたギャップ層Gを含み、該ギャップ層Gが、第1および第2の側壁を有し、前記ギャップ層Gの第1側壁が、前記第1垂直面内に置かれ、前記ギャップ層Gの第2側壁が、前記第2垂直面内に置かれる、請求項10に記載のMR複合ヘッド。

【請求項13】前記MR読取りヘッドが、前記第2シールド層S2に加えて第1シールド層S1と、

該第1シールド層S1と前記第2シールド層S2との間に挟まれた第1ギャップ層G1および第2ギャップ層G2と、

前記第1ギャップ層G1と前記第2ギャップ層G2との間に挟まれたMR素子とを含むことを特徴とする、請求項12に記載のMR複合ヘッド。

【請求項14】前記ギャップGの長さgが、0.1 $\mu$ mから0.7 $\mu$ mまでの範囲内にあり、

前記ABSでの磁極端要素の長さが、実質的に2.0gであることを特徴とする、請求項13に記載のMR複合ヘッド。

【請求項15】前記磁極端要素PT2が、単一層であることを特徴とする、請求項14に記載のMR複合ヘッド。

【請求項16】前記磁極端要素PT2が、磁極端要素PT2aおよびPT2bを含み、前記磁極端要素PT2a

徴とする、請求項14に記載のMR複合ヘッド。

【請求項17】底極片P1と頂極片P2とを有する書き込みヘッドを含み、

前記底極片P1が、底磁極端要素PT1aと頂磁極端要素PT1bとを有し、前記頂極片P2が、磁極端要素PT2を有し、前記底磁極端要素PT1aが、前記頂磁極端要素PT1bの幅よりも広い幅を有することを特徴とし、

前記底磁極端要素PT1aを含む前記底極片を含む第2シールド層S2を有するMR読取りヘッドを含み、

前記頂磁極端要素PT1bが、前記第2シールド層S2に関してベDESTALであることを特徴とし、

前記頂磁極端要素PT1bが、頂薄膜面、第1側壁、第2側壁および前壁を有し、前壁が、エア・ベアリング面(ABS)の一部を形成し、頂薄膜面が、前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれることを特徴とし、

前記磁極端要素PT2が、頂薄膜面、底薄膜面、前壁、第1側壁および第2側壁を有し、前壁が、ABSの一部を形成し、頂薄膜面および底薄膜面が、前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれることを特徴とし、

前記頂磁極端要素PT1bの頂薄膜面と前記磁極端要素PT2の底薄膜面との間に挟まれ、頂薄膜面、底薄膜面、前壁を有し、前壁が前記ABSの一部を形成し、頂薄膜面および底薄膜面が前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれる、ギャップ層Gを含み、

前記頂磁極端要素PT1b、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれの第1側壁が、第1垂直面内で連続しており、前記頂磁極端要素PT1b、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれの第2側壁が、第2垂直面内で連続していることを特徴とし、

前記第1垂直面および前記第2垂直面のそれぞれが、前記ABSに対して垂直であり、前記ABSの位置で、前記書き込みヘッドのトラック幅である距離wだけ互いに離れていることを特徴とするMR複合ヘッド。

【請求項18】前記底磁極端要素PT1aおよび前記頂磁極端要素PT1bのそれぞれが、別々の磁性層であり、

前記磁極端要素PT2が、頂磁極端要素PT2aと底磁極端要素PT2bとを含み、

前記頂磁極端要素PT1bおよび前記底磁極端要素PT2bの材料が、前記底磁極端要素PT1aおよび前記頂磁極端要素PT2aの材料より高いモーメントの飽和を有することを特徴とする、請求項17に記載のMR複合ヘッド。

【請求項19】前記ABSでのギャップGの長さがgであり、

前記ABSでの前記頂磁極端要素PT1bの長さが、実質的に2.0gであることを特徴とする、請求項17に記載のMR複合ヘッド。

【請求項20】前記ギャップGの長さgが、0.1μmから0.7μmまでの範囲内にあることを特徴とする、請求項19に記載のMR複合ヘッド。

【請求項21】前記第2シールド層S2が、前記底磁極端要素PT1aに加えて、前記頂磁極端要素PT1bを含むことを特徴とする、請求項20に記載のMR複合ヘッド。

【請求項22】前記MR読取りヘッドが、前記第2シールド層S2に加えて第1シールド層S1と、

該第1シールド層S1と前記第2シールド層S2との間に挟まれた第1ギャップ層G1および第2ギャップ層G2と、

前記第1ギャップ層G1と前記第2ギャップ層G2との間に挟まれたMR素子とを含むことを特徴とする、請求項21に記載のMR複合ヘッド。

【請求項23】ハウジングと、

ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、

磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係にMR複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、請求項22に記載のMR複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

【請求項24】前記磁極端要素PT2が磁極端要素PT2aおよびPT2bを含み、前記磁極端要素PT2aおよびPT2bのそれぞれが、別々の層であることを特徴とする、請求項22に記載のMR複合ヘッド。

【請求項25】磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれが第1側壁と第2側壁とを有する、磁極端要素PT1a、PT1bおよびPT2と、

前記磁極端要素PT1aを含む第2シールド層S2を含むMR読取りヘッドとを含み、

前記磁極端要素PT1bが、前記第2シールド層S2に関してベDESTALであることを特徴とし、

前記磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれの第1側壁が、第1垂直面内に位置せされ、前記磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれの第2側壁が、第2垂直面内に位置せされることを特徴とし、

前記第1および第2の垂直面が、ABSで、MR複合ヘッドのトラック幅を画定する距離wだけ互いに離隔して置かれることを特徴とするMR複合ヘッド。

【請求項26】前記第2シールド層S2が、前記磁極端要素PT1aに加えて、前記磁極端要素PT1bを含み、

前記磁極端要素PT2が、単一層であることを特徴とする、請求項25に記載のMR複合ヘッド。

【請求項27】前記ABSでのギャップGの長さがgであり、

該ギャップGの長さgが、0.1μmから0.7μmま

での範囲内にあり、

前記ABSでの前記磁極端要素PT1bの長さが、0.5gから3.0gまでの範囲内にあることを特徴とする、請求項26に記載のMR複合ヘッド。

【請求項28】エア・ベアリング面(ABS)と0スロート・レベルとの間に延びる未画定の磁極端部分を有し、前記ABSからバック・ギャップまで延び、該バック・ギャップを含む底極片P1と、MRヘッドの第2シールド層S2とを形成するため少なくとも1つの磁性層を堆積するステップと、

前記ABSと前記0スロート・レベルとの間に延び、第1および第2の垂直側壁を有する画定された磁極端要素PT2と共に形成される頂極片P2を、前記バック・ギャップを含めて前記ABSから前記バック・ギャップまで、前記底極片P1の上に形成するためもう1つの磁性層を堆積するステップと、

前記底極片P1に関してベDESTALであり、前記磁極端要素PT2の前記第1および第2の垂直側壁に対してそれぞれ位置合せされる第1および第2の垂直側壁を有する磁極端要素PT1bと、磁極端要素PT1aとに、底極片P1を形成するため、前記磁極端要素PT2の各側面上で前記底極片P1を垂直に切り欠くため、画定された前記磁極端要素PT2をマスクとして使用して、画定された前記磁極端要素PT2の側壁に対して角度 $\theta$ で、前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップとを含む、エア・ベアリング面(ABS)によって部分的に囲まれる頂部および底部を有するMR複合ヘッドを製造する方法。

【請求項29】前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップの前に、前記頂極片P2の上にフォトレジスト・マスクを堆積するステップと、画定された前記磁極端要素PT2が、前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップのためのマスクとして働くことができるように、画定された前記磁極端要素PT2とその各側面上の区域を露出する開口を前記フォトレジスト・マスク内に設けるステップとを含む、請求項28に記載の方法。

【請求項30】前記もう1つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片P1の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも1つの磁性層の上にギャップ層Gを堆積するステップを含み、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記底極片P1の未画定の磁極端部分にイオン・ビームを向ける前に、ギャップ層Gにイオン・ビームを向けるステップを含むことを特徴とし、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記ギャップ層Gに磁極端要素PT1bおよびPT

る第1および第2の垂直側壁を設けることを特徴とする請求項28に記載の方法。

【請求項31】前記もう1つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片P1の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも1つの磁性層の上にギャップ層Gを堆積するステップを含み、

前記ギャップ層Gを堆積するステップが、ABSで0.1 $\mu$ mから0.7 $\mu$ mまでの範囲内の厚さgを有するギャップ層をもたらすことを特徴とし、

前記ABSでの前記磁極端要素PT1bの長さが、実質的に2.0gであることを特徴とする請求項28に記載の方法。

【請求項32】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、単一の角度 $\theta$ で単一のイオン・ビームを向けることからなることを特徴とする、請求項28に記載の方法。

【請求項33】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、第1および第2のイオン・ビームを向けるステップを含み、

第1イオン・ビームが、 $0^\circ < \theta < 60^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ であり、

第2イオン・ビームが、 $60^\circ < \theta < 85^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ であることを特徴とする、請求項28に記載の方法。

【請求項34】前記第1イオン・ビームが、 $20^\circ < \theta < 40^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ であることを特徴とする、請求項33に記載の方法。

【請求項35】前記第1イオン・ビームが、実質的に $30^\circ$ の角度 $\theta$ であり、

前記第2イオン・ビームが、実質的に $75^\circ$ の角度 $\theta$ であることを特徴とする、請求項34に記載の方法。

【請求項36】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、磁極端層PT2の厚さを減少させ、前記磁極端要素PT2を堆積するステップが、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップによって引き起こされる前記磁極端要素PT2の厚さの減少である追加厚さを有する磁極端層PT2を堆積するステップを含むことを特徴とする、請求項28に記載の方法。

【請求項37】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップの前に、画定された前記磁極端要素PT2とその各側面上の区域とを露出させる窓を前記ABSと0スロート・レベルとの間のマスク内に残して、前記頂極片P2層の上で実質的に0スロート・レベルとバック・ギャップとの間にマスクを堆積するステップを含む、請求項36に記載の方法。

【請求項38】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、単一の角度 $\theta$ で単一のイオン・ビームを向けることからなり、前記角度 $\theta$ が、 $0^\circ < \theta < 60^\circ$ の範囲内であることを

【請求項 3 9】前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、第 1 および第 2 のイオン・ビームを向けるステップを含み、

第 1 イオン・ビームが、 $20^{\circ} < \theta < 40^{\circ}$  の範囲内の角度  $\theta$  であり、

第 2 イオン・ビームが、 $65^{\circ} < \theta < 85^{\circ}$  の範囲内の角度  $\theta$  であることを特徴とする、請求項 3 7 に記載の方法。

【請求項 4 0】前記第 1 イオン・ビームが、実質的に  $30^{\circ}$  の角度  $\theta$  であり、

前記第 2 イオン・ビームが、実質的に  $75^{\circ}$  の角度  $\theta$  であることを特徴とする、請求項 3 9 に記載の方法。

【請求項 4 1】前記もう 1 つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片 P 1 の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも 1 つの磁性層の上にギャップ層 G を堆積するステップを含み、

該ギャップ層 G を堆積するステップが、ギャップ G に前記 ABS での長さ g をもたらす層厚さをもたらすことを特徴とし、

前記 ABS での磁極端要素 P T 1 b の長さが、実質的に  $2.0 g$  であることを特徴とする請求項 4 0 に記載の方法。

【請求項 4 2】前記第 1 および第 2 のイオン・ビームが、同時に向けられることを特徴とする、請求項 4 1 に記載の方法。

【請求項 4 3】前記第 1 および第 2 のイオン・ビームが、順次向けられることを特徴とする、請求項 4 1 に記載の方法。

【請求項 4 4】前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、イオン・ビーム・ミリング・チャンバ内に、その上に諸層を堆積された前記底極片 P 1 を置くステップと、前記底極片 P 1 およびその上に堆積された諸層にイオン・ビームを向けている間に、前記底極片 P 1 およびその上に堆積された諸層を一定回転数で回転するステップとを含むことを特徴とする、請求項 4 3 に記載の方法。

【請求項 4 5】前記ギャップ層 G を堆積するステップが、前記ギャップ層 G に  $0.1 \mu\text{m}$  から  $0.7 \mu\text{m}$  までの範囲内の長さ g をもたらすステップを含み、

前記別の磁性層を堆積するステップが、約  $7 \mu\text{m}$  の層厚さを有する前記磁極端要素 P T 2 を堆積するステップを含み、

前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、各切欠が約  $0.7 \mu\text{m}$  の深さになり、前記ベDESTAL が約  $0.7 \mu\text{m}$  の高さを有するように、前記底極片 P 1 に切欠を設けるステップを含み、

前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素 P T 2 の厚さを約  $2 \mu\text{m}$  減少させることを特徴とする、請求項 4 4 に記載の方法。

【請求項 4 6】MR 読取りヘッドと書込みヘッドとを含む

MR 複合ヘッドを製造する方法において、該 MR 読取りヘッドが、第 1 および第 2 のシールド層 S 1 および S 2、該第 1 および第 2 のシールド層 S 1 および S 2 の間に挟まれた第 1 および第 2 のギャップ層 G 1 および G 2、ならびに、該第 1 および第 2 のギャップ層 G 1 および G 2 の間に挟まれた MR 素子を有し、前記書込みヘッドが、エア・ベアリング面 (ABS) からバック・ギャップまで延び、該バック・ギャップを含む底極片 P 1 と頂極片 P 2 とを含み、該底極片 P 1 が、第 2 シールド層 S 2 を構成し、前記底極片 P 1 が、前記 ABS と 0 スロット・レベルとの間に延びる磁極端要素 P T 1 a および P T 1 b を有し、前記頂極片 P 2 が、前記 ABS と前記 0 スロット・レベルとの間に延びる磁極端要素 P T 2 を有し、前記磁極端要素 P T 1 b が、前記第 2 シールド層 S 2、前記底極片 P 1 および前記磁極端要素 P T 1 a に関してベDESTAL であり、前記第 2 シールド層 S 2 が、前記磁極端要素 P T 1 a および P T 1 b を含み、ギャップ層 G が、前記磁極端要素 P T 1 a および P T 2 の間に挟まれ、前記磁極端要素 P T 2、前記ギャップ層 G および前記磁極端要素 P T 1 b のそれぞれが、第 1 および第 2 の垂直側壁を有し、前記磁極端要素 P T 2、前記ギャップ層 G および前記磁極端要素 P T 1 b の第 1 垂直側壁が、第 1 垂直面内で連続しており、前記磁極端要素 P T 2、前記ギャップ層 G および前記磁極端要素 P T 1 b の第 2 垂直側壁が、第 2 垂直面内で連続しており、前記第 1 および第 2 の垂直面が、前記 ABS に対して垂直であり、MR 複合ヘッドのトラック幅を画定する距離 w だけ ABS で互いに離隔しており、

(1) 前記 MR 読取りヘッドの前記第 2 シールド層 S 2 と、

(2) 前記 ABS と 0 スロット・レベルとの間の未画定の磁極端部分と、前記 0 スロット・レベルとバック・ギャップとの間のバック部分とを有する前記底極片 P 1 とを形成するために、前記バック・ギャップを含み前記 ABS から前記バック・ギャップまで、第 1 磁性層を堆積するステップと、

前記 ABS から前記 0 スロット・レベルまで、前記第 1 磁性層の上にギャップ層 G を堆積するステップと、

前記第 1 および第 2 の垂直側壁を有する画定された前記磁極端要素 P T 2 を有する前記頂極片 P 2 を形成するため、前記第 1 磁性層の上で前記ギャップ層 G の上に第 2 磁性層を堆積するステップと、

前記磁極端要素 P T 2 の各側面上で前記第 1 磁性層に切欠を設けるためのマスクとして前記磁極端要素 P T 2 を使用して、前記底極片 P 1 の未画定の磁極端部分のある区域内の前記第 1 磁性層で、前記 ABS に実質的に平行で前記磁極端要素 P T 2 の第 1 および第 2 の側壁に対して角度  $\theta$  の方向に、少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップとを含み、前記切欠によって、垂直のベDESTAL を有する前記第 1 磁性層が残され、前記垂直ベ

デスタルが、前記磁極端要素PT1bであり、前記磁極端要素PT1bに第1および第2の垂直側壁をもたらし、前記ABSと前記0スロット・レベルとの間の、前記ベデスタルを除く磁性層が、前記磁極端要素PT1aを含み、前記磁極端要素PT1bおよびPT2の第1垂直側壁が、第1垂直面内で位置合せされ、前記磁極端PT1bおよびPT2の第2側壁が、第2垂直面内で位置合せされ、前記第1および第2の垂直面が、前記ABSに対して垂直であり、MR複合ヘッドのトラック幅wを画定するため前記ABSで互いに離隔されることを特徴とする前記方法。

【請求項47】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、未画定の磁極端部分にイオン・ビームを向ける前に前記ギャップ層Gにイオン・ビームを向けるステップを含み、  
前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT1bおよびPT2の第1および第2の垂直側壁にそれぞれ位置合せされる第1および第2の側壁を前記ギャップ層Gにもたすことを特徴とする、請求項46に記載の方法。

【請求項48】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、第1および第2のイオン・ビームを向けるステップを含み、  
前記第1イオン・ビームが、 $20^\circ < \theta < 40^\circ$  の範囲内の角度 $\theta$ であり、  
前記第2イオン・ビームが、 $65^\circ < \theta < 85^\circ$  の範囲内の角度 $\theta$ であることを特徴とする、請求項46に記載の方法。

【請求項49】前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT2の厚さを減少させ、  
前記磁極端要素PT2を形成するために磁性層を堆積するステップが、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップによって引き起こされる前記磁極端要素PT2の厚さの減少である追加厚さを有する前記磁極端要素PT2を堆積するステップを含むことを特徴とし、  
前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップの前に、画定された前記磁極端要素PT2とその各側面上の区域を露出させる窓を前記ABSと前記0スロット・レベルとの間のマスク内に残して、前記頂極片P2の上で実質的に前記0スロット・レベルとバック・ギャップとの間にマスクを堆積するステップを含む請求項48に記載の方法。

【請求項50】前記ギャップ層Gを堆積するステップが、前記ギャップGに前記ABSでの長さgをもたらす層厚さをもたすことを特徴とし、  
前記ABSでの前記磁極端要素PT1bの長さが、0.5gから3.0gまでの範囲内にあることを特徴とする、請求項49に記載の方法。

角度 $\theta$ であり、

前記第2イオン・ビームが、約 $75^\circ$ の角度 $\theta$ であることを特徴とする、請求項50に記載の方法。

【請求項52】前記ギャップ層Gを堆積するステップが、0.1 $\mu\text{m}$ から0.7 $\mu\text{m}$ までの範囲内の厚さgを有するギャップ層Gを堆積するステップを含み、  
前記磁極端要素PT2を堆積するステップが、約7 $\mu\text{m}$ の層厚さを有する前記磁極端要素PT2を堆積するステップを含み、

前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、約0.7 $\mu\text{m}$ の深さである深さを有する切欠を前記第1磁性層に設け、これによって、約0.7 $\mu\text{m}$ の高さを有するベデスタルを設けるステップを含み、  
前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT2の層厚さを約2 $\mu\text{m}$ 減少させることを特徴とする、請求項51に記載の方法。

【請求項53】前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、イオン・ビーム・ミリング・チャンバ内に、その上に諸層を堆積された第1磁性層を置くステップと、前記第1磁性層およびその上に堆積された諸層にイオン・ビームを向けている間に、前記第1磁性層およびその上に堆積された諸層を一定回転数で回転するステップとを含むことを特徴とする、請求項52に記載の方法。

【請求項54】前記第1および第2のイオン・ビームが、同時に向けられることを特徴とする、請求項53に記載の方法。

【請求項55】前記第1および第2のイオン・ビームが、順次向けられることを特徴とする、請求項53に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、位置合せされた磁極端を有する薄膜併合磁気抵抗(MR)ヘッドと、その製造方法とに関する。

【0002】

【従来の技術】磁気ディスク駆動装置では、高速で回転するディスクの表面の上に支持される、「ヘッド」と称する薄膜磁気変換器によってデータが読み書きされる。ヘッドは、ディスクの高速回転によって作られる空気の薄いクッション(「エア・ベアリング」)によって支持される。

【0003】薄膜磁気書き込みヘッドは、高い面密度をもたらすので望ましく、薄膜磁気読取りヘッドは、分解能が高いので望ましい。薄膜磁気ヘッドは、製造が簡単でもある。さまざまな薄膜製造技法を用いて、セラミック基板上にヘッドをまとめて製造した後に、個々のヘッドに刻み分ける(dice)ことができる。

【0004】薄膜書き込みヘッドには、磁性材料の薄膜

が含まれる。これらの極片は、一般に「スロート・ハイト (throat height)」と称する磁極端高さ寸法を有する。完成した書込みヘッドでは、スロート・ハイトが、極片の先端を研磨することによって形成されるエア・ベアリング面 (「ABS」) と、底極片 P 1 および頂極片 P 2 が磁気記録ギャップに収束する 0 スロート・ハイト・レベル (「0 スロート・レベル」) との間で測定される。薄膜磁気書込みヘッドにも、ABS と 0 スロート・レベルの間に置かれる磁極端領域が含まれ、さらに、0 スロート・レベルから後ろに延び、バック・ギャップを含むバック領域が含まれる。極片のそれぞれは、磁極端領域に磁極端部分を有し、バック領域にバック部分を有する。極片は、バック・ギャップで互いに接続される。

【0005】磁極端は、書込みヘッドの底極片 P 1 および頂極片 P 2 の延長である。底極片 P 1 および頂極片 P 2 のそれぞれが、磁極端領域では磁極端に変化する。磁極端は、絶縁材料の薄い層であるギャップ層 (G) によって分離される。頂極片 P 2 の磁極端は、磁束を磁気媒体に誘導する最後の要素である。したがって、その幅は、底極片 P 1 の磁極端の幅よりも重要である。しかし、下で詳細に説明するように、磁極端の間での磁束漏れを最小にするために、磁極端が同一の幅を有することが重要である。

【0006】ディスクの単位表面積あたりに記憶されるデータの量 (「面密度」) を高めるためには、書込みヘッドが、ディスク表面のより狭いトラックにより多くのデータを書き込むことが必要である。したがって、面密度の向上は、磁極端の間のギャップ長を減らすことによって可能である。ギャップ長を減らすことによって、トラック内のビット密度が高まる。しかし、ギャップ長の短縮は、磁極端の間の磁束強度 (flux intensity) の減少によって制限される。面密度の向上は、書込みヘッドがディスクに記録するデータ・トラックの数を増やすことによって可能である。これに関連するパラメータ表現が、「トラック毎インチ」または「TPI」である。書込みヘッドの TPI 能力は、データ・トラックの幅を決定するヘッド寸法を減らすことによって高められる。通常、この寸法をヘッドの「トラック幅」と称する。

【0007】MR 読取りヘッドには、回転する磁気ディスクからの磁束密度に応答して抵抗値が変化する磁気抵抗 (MR) 要素が使用される。この磁気抵抗要素を通過する感知電流は、磁気抵抗要素の抵抗の変化に比例して変化する。磁気抵抗要素の応答は、磁気抵抗要素の抵抗変化が磁気媒体から感知される磁束密度の変化にどれほど良好に追従するかに基づいている。ディスク駆動装置では、読取りヘッドからのリードバック信号を処理するために、磁気抵抗要素に差動前置増幅器を接続する。磁気抵抗要素は、底ギャップ (絶縁) 層 G 1 と頂ギャップ層 G 2 に挟まれた薄膜層であり、これらは、底シールド層である第 1 シールド層 S 1 と頂シールド層である第 2

シールド層 S 2 に挟まれる。これらのシールド層の間の距離を、読取りギャップと称する。読取りギャップが狭ければ狭いほど、MR 読取りヘッドの分解能が高くなる。

【0008】最近の技術の進歩によって、MR 複合 (merged) ヘッドがもたらされた。MR 複合ヘッドでは、MR 読取りヘッドと書込みヘッドを組み合わせて使用する。これは、MR ヘッドの第 2 シールド層 S 2 を書込みヘッドの底極片 P 1 として使用することによって達成される。MR 複合ヘッドは、読取りまたは書込みのいずれかに関して高い能力を有する。MR 複合ヘッドでは、MR 読取りヘッドの第 2 シールド層 S 2 が、書込みヘッドの底極片 P 1 としても働き、これによって製造ステップが 1 つ省略されるので、読取りヘッドと書込みヘッドを別々に製造する場合に対して処理ステップが節約される。MR 複合ヘッドのもう 1 つの長所は、書込み直後の読取りのために、読取りヘッドと書込みヘッドの諸要素を単一のサスペンション・システム上で簡単に位置合わせできることである。

【0009】しかし、現在の MR 複合ヘッド構造では、記録中にかなり大きいサイドフリンジ磁界が生じる。この磁界は、頂極片 P 2 から底極片 P 1 の、P 2 によって画定される領域を越えた部分への磁束漏れによって生じる。このサイドフリンジ磁界は、達成可能な最小トラック幅を制限し、したがって、トラック密度の上限を制限する。その結果、MR 複合ヘッドの記録要素によって書き込まれたトラックを MR 要素によって読み取る時には、MR 要素の「オフトラック」性能が劣悪になる。すなわち、MR 要素が、読取り中のトラックの中心から横方向に移動する時、その MR 要素が少し移動しただけで、隣接トラックの磁界からの干渉が、読取り中のトラックの磁界と干渉し始める。

【0010】誘導ヘッドでは、底磁極端要素 P T 1 および頂磁極端要素 P T 2 の側壁が、上下の極片を介するイオン・ビーム・ミリングによって、実質的に垂直に位置合わせされ、実質的に等しい幅に制限される。しかし、この処理中に頂磁極端要素 P T 2 によって引き起こされるシャドーイングのために、底磁極端要素 P T 1 に向かって多少外向きのテーバーが付く。このテーバーの非対称性は、幾つかの望ましくない影響をもたらすが、磁極端の側壁は、磁極端の間のギャップの縁を超えるサイドフリンジを防ぐようにおおむね垂直に位置合わせされる。

【0011】MR 複合ヘッドを製造するための本方法では、第 2 シールド層 S 2 の上にギャップ層を堆積した後に、ギャップ層の上に頂磁極端要素 P T 2 を堆積する。頂磁極端要素 P T 2 は、フォトレジスト・フレームめっきまたはイオン・ビーム・ミリングのいずれかによって画定できる。頂磁極端要素 P T 2 の幅は、書き込まれるトラックの幅を制限するために、5  $\mu$ m 程度に狭く保たれる。しかし、この MR 読取りヘッドの第 2 シールド層

S 2は、読取りヘッド内のMR要素をシールドするために、50  $\mu\text{m}$ 程度の非常に広い幅を有する。この幅の相違が、頂磁極端要素PT 2の幅を超えて横に延びる磁極端要素の間のサイドフリンジ磁束場をもたらす。これは、頂磁極端要素PT 2からの磁束線のための大きな横チャンネルをもたらす第2シールド層S 2の幅によって引き起こされる。底磁極端要素PT 1を含む第2シールド層S 2は、頂磁極端要素PT 2の側壁に位置合せされた側壁を有することが望ましいはずである。しかし、第2シールド層S 2は、MR要素を保護するために幅広である必要があるため、これは不可能である。このため、MR複合ヘッドのオフトラック性能問題を改良できないように見える。

【0012】MR複合ヘッドのサイドフリンジ問題に対する解決策の1つが、第2シールド層S 2の上に狭い磁極端層PT 1 bを作り、S 2層により幅広の底の磁極端要素PT 1 aとして働かせることである。これらの磁極端の両方が、底極片P 1の磁極端部分であり、磁極端層PT 1 bが、磁極端要素PT 1 aの上でベDESTAL (pedestal) を形成する。その後、磁極端層PT 1 bの上にギャップ層を形成し、そのギャップ層の上に頂極片P 2の頂磁極端要素PT 2を形成する。この磁極端配置は、

(1) フォトレジスト・マスクング技法を使用して磁極端層PT 1 bと頂磁極端要素PT 2のそれぞれをフレームめっきするか、(2) 頂極片P 2のヨーク区域をマスクングし、頂磁極端要素PT 2と磁極端層PT 1 bの両方ならびにそれらの間のギャップ層を介してイオン・ビーム・ミリングを行うかのいずれかによって構成することができる。フレームめっき処理では、頂磁極端要素PT 2と磁極端層PT 1 bの側壁を位置合せすることが極端に困難である。これは、磁極端のそれぞれが、別の工程でめっきされ、その結果、フォトレジスト・マスクの位置ずれが生じるからである。イオン・ビーム・ミリングの場合、ミリング屑の再堆積が処理中にPT 2上に蓄積し、その下の磁極端層PT 1 bのシャドーイングを引き起こす。このシャドーイングは、上で述べた誘導ヘッドを製造する際にも生じる現象であるが、下側の磁極端層PT 1 bの外向きテーパ構成をもたらす。シャドーイングは、下側の磁極端から横に延び、サイドフリンジ磁界の磁気経路をもたらす。まっすぐ下向きではなくイオン・ビームを側壁に対してある角度に向けることによって、屑を取り除き、これらの磁極端の側壁を垂直に位置合せする試みがなされてきた。これによって、屑の一部が切除される。しかし、累積した屑は非常に厚いので、この処理によって垂直の側壁を得ることはできない。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、サイドライティング (sidewriting) を最小化するために垂

供することである。

【0014】本発明のもう1つの目的は、オフトラック性能が改良された薄膜MR複合ヘッドを提供することである。

【0015】本発明のもう1つの目的は、その中の磁気抵抗要素のシールドとして働き、良好なオフトラック性能を有する書込みヘッドの磁極端としても働く第2シールド層S 2を有するMR複合ヘッドを提供することである。

【0016】本発明のもう1つの目的は、第2シールド層S 2が小さな高さのベDESTALを有し、このベDESTALが磁極端層PT 1 bとして働き、その下のS 2層が書込みヘッドの底極片P 1の磁極端要素PT 1 aとして働くことを特徴とし、磁極端層PT 1 bの側壁が頂磁極端要素PT 2の側壁と垂直に位置合せされることを特徴とする、MR複合ヘッドを提供することである。

【0017】他の目的および長所は、本発明の下記の説明を鑑みれば明らかになる。

【0018】

【課題を解決するための手段】従来技術のMR複合ヘッドのサイドフリンジ問題は、MR複合ヘッド製造の処理における独自の2ステップの発見によって解決された。第1の発見は、磁極端層PT 1 bの長さ (S 2/PT 1 a磁極端に関するベDESTAL部分) を、以前に考えられていたものより短くすることができるということである。ギャップ層Gの長さgの0.5倍ないし2.5倍の長さを有するベDESTAL磁極端層PT 1 bを用いると、ベDESTAL磁極端層PT 1 bの側壁が頂磁極端要素PT 2の側壁と垂直に位置合せされている場合に、サイドフリンジ磁界が大幅に減少することが観察された。垂直位置合せは、2つのステップを含む第2の発見によって達成された。その第1ステップは、所望の幅を有するギャップ層の上に頂磁極端要素PT 2をフレームめっきすることである。この層の厚さは、次の処理ステップによって減らされるので、所望の最終的な厚さより厚くすることができる。たとえば、5  $\mu\text{m}$ の最終厚さを所望する場合、追加の2  $\mu\text{m}$ を追加し、合計7  $\mu\text{m}$ の厚さとするることができる。フォトレジスト・フレームめっき処理を用いて、7  $\mu\text{m}$ の厚さを有し、垂直の側壁を有する頂磁極端要素PT 2を構成することができる。次のステップは、頂磁極端要素PT 2をマスクとして使用して、頂磁極端要素PT 2の側壁に対してある角度で頂磁極端要素PT 2の下磁性層にイオン・ビームを向けて、側壁の各側面のPT 2の下磁性層を切り欠き、ベDESTAL磁極端層PT 1 bを形成することである。適正な角度を用いると、ベDESTAL磁極端層PT 1 bの側壁が頂磁極端要素PT 2の側壁と垂直に位置合せされるという驚くべき結果が得られる。ベDESTAL磁極端層PT 1 bの長さは非常に短くすることができるので、磁束漏れを適切に



2シールド層S2に直接にミリングすることができる。これによって、第2シールド層S2の上にベDESTALを形成するために、その上に層を堆積する必要がなくなる。典型的なギャップ長は0.3 $\mu$ mであるが、これによって、約0.6 $\mu$ mというベDESTAL磁極端層PT1bの長さをもたらされる。ベDESTAL磁極端層PT1bを得るためのイオン・ビーム・ミリングによる第2シールド層S2の切欠きは、磁気抵抗要素をシールドする能力に影響しない。頂磁極端要素PT2の側壁に対してある角度にイオン・ビームを向けることによって、このイオン・ビームが、カットと同時に再堆積を除去する。55°の角度で満足な結果が得られることが判っている。しかし、さらに良いミリング処理では、順番にまたは同時にのいずれかで、2つのイオン・ビームを使用する。

30°に向けられた第1ビームがカットと再堆積の部分的な除去を実行し、75°の第2のビームが、残りの再堆積のすべてを除去して、頂磁極端要素PT2とベDESTAL磁極端層PT1bの間で垂直に位置合せされた側壁をもたらすことが判っている。その代わりに、第2シールド層S2の上に磁性層を置き、第2の発見に関して説明したステップによってこれを切り欠くことができる。しかし、これには、異なる材料を所望する場合でない限り不要な追加の処理ステップが必要になる。その代わりに、ベDESTAL磁極端層PT1bをギャップ層の下に画定する前に、ギャップ層を、イオン・ビームによってミリングするか、化学エッチングによって画定することができる。重要なことに、この2つの発見を用いて、2 $\mu$ m未満のトラック幅を達成できる。これに対して、3 $\mu$ m未満のトラック幅を有する誘導ヘッドは存在しない。

【0019】

【実施例】ここで図面を参照するが、図中で同一の符号は、同様の図を通じて類似または同様の部品を示す。図1には、回転する磁気ディスク42を含む磁気ディスク駆動装置40が示されている。磁気ディスク42は、駆動装置制御源（図示せず）からの制御信号に応答するモーター44によって回転される。磁気ディスク42が回転する時、スライダ48に取り付けられた薄膜MR複合ヘッド（以下、MR複合ヘッドと呼称する）46が、「エア・ベアリング」と称する空気の薄い層によって、磁気ディスク42の表面の上に支持される。MR複合ヘッド46には、MR読取りヘッド50と書込みヘッド52が含まれる。スライダ48とMR複合ヘッド46の底面は、スライダのエア・ベアリング面（以下、ABSと呼称する）54の平面内にある。ABS54は、磁気ディスクが回転している時に、MR複合ヘッド46の浮上高さである距離dだけ磁気ディスク42の表面から離隔している。スライダ48は、駆動装置電子回路58とヘッドの間で読書信号を伝えるための手段を含むヘッド・サスペンション・アセンブリ56に接続される。駆動装置の上記の諸構成要素は、駆動装置ハウジング59内に

取り付けられる。

【0020】書込みヘッド52の磁極端要素を、回転する磁気ディスクのトラック62に対する動作関係で図2の符号60に概略的に示す。書込みヘッドによってトラックに記録された情報を表す磁束反転を、符号64に概略的に示す。トラックの長さの1インチあたりの磁束反転の個数が、読取りヘッドの線密度またはビット密度の尺度である。書込みヘッドのギャップ長を短縮する時、ビット密度が高まる。もう1つの重要な尺度が、符号60の書込みヘッドのTPIである。書込みヘッドの磁極端要素の幅が狭ければ狭いほど、TPIが大きくなる。ビット密度とTPIの積から、書込みヘッドの面密度が得られる。これは、磁気ディスクの単位面積あたりに書き込むことのできる情報の量の尺度である。

【0021】図3は、MR読取りヘッド50と書込みヘッド52を示す、MR複合ヘッド46の部分図である。MR複合ヘッド46は、スライダ48に取り付けられる。

【0022】図3からわかるように、MR読取りヘッド50には、底ギャップ層G1と頂ギャップ層G2の間に挟まれた磁気抵抗要素MRが含まれ、これらのギャップ層は、第1シールド層S1と第2シールド層S2の間に挟まれている。MR複合ヘッドでは、以下に詳細に説明するように、MR読取りヘッド50の第2シールド層S2が、書込みヘッド52の底極片P1としても働く。

【0023】図5からわかるように、書込みヘッド52には、エア・ベアリング面（ABS）と0スロット・レベルの間に置かれる磁極端領域と、0スロット・レベルからバック・ギャップまで後ろに延びバック・ギャップを含むヨーク領域またはバック領域が含まれる。書込みヘッド52には、底極片P1と頂極片P2が含まれる。底極片P1は、MR読取りヘッド50の第2シールド層S2を構成する。底極片P1と頂極片P2のそれぞれが、バック領域に置かれるバック層部分を有し、極片のバック層部分は、バック・ギャップ（BG）で磁気的に結合される。底極片P1には、ABSと0スロット・レベルの間の磁極端領域に置かれる磁極端構造が含まれる。この磁極端構造には、下側の磁極端要素PT1aと上側のベDESTAL磁極端層PT1bが含まれる。頂極片P2には、ABSと0スロット・レベルの間の磁極端領域に置かれる磁極端構造が含まれる。この磁極端構造には、磁極端要素PT2が含まれる。磁極端要素PT1aとベDESTAL磁極端層PT1bは、MR読取りヘッド50の第2シールド層S2から一体的に形成されるが、これについては後で詳細に説明する。ギャップ層（G）は、ベDESTAL磁極端層PT1bと頂磁極端要素PT2の間に挟まれる。この層の所望の厚さ（ギャップ長）は、約0.3 $\mu$ mであり、これによって、書込みヘッドの磁束強度を犠牲にすることなく書込みヘッドの線密度が最適化される。しかし、許容可能なギャップ長は、

0.1  $\mu\text{m}$ から0.7  $\mu\text{m}$ までの範囲におよぶ。ギャップ層Gは、バック・ギャップBGまで延ばすか、その代わりに0スロート・レベルで打ち切ることができる。

【0024】第1絶縁層 $I_1$ を、フォトリソグラフィなどの適当な方法によってギャップ層Gの上に堆積する。第1絶縁層 $I_1$ の上に、フォトリソ・フレームめっきなどの適当な方法によってコイル状導体70を堆積させる。コイル状導体70の上に、フォトリソグラフィなどの適当な方法によって、第2絶縁層 $I_2$ および第3絶縁層 $I_3$ を堆積する。

【0025】MR複合ヘッド46を「併合」と称するのは、図5および図6に示されるように、底極片P1とその磁極端がMR読取りヘッドの第2シールド層S2を構成するからである。併合ヘッドの特徴の1つが、余分の磁性層を堆積する処理ステップが不要になることである。しかし、図6からわかるように、ギャップ層Gの両側面を超える第2シールド層S2の大きな幅が、頂磁極端要素PT2の幅を越えて第2シールド層S2に向かって磁束を広がらせる。この「サイドフリンジ(side-fringing)」磁束が、サイドライティングを引き起こし、これがオフトラック性能を低下させる可能性がある。この問題は、第2シールド層S2をギャップ層Gの両側、符号78および79の位置で切り欠いて、ベデスタル磁極端層PT1bを形成するベデスタルを有する第2シールド層S2をもたらすことによって克服された。ベデスタル磁極端層PT1bの下には、磁極端要素PT1aと称する区域がある。磁極端要素PT1aとベデスタル磁極端層PT1bは、第2シールド層S2を構成する底極片P1の前方延長である。第2シールド層S2の幅は、MR読取りヘッド50のMR要素を効果的にシールドするのに十分な幅である。この幅は、磁極端要素の幅が2  $\mu\text{m}$ であるのに対して、50  $\mu\text{m}$ 程度とすることができる。第2シールド層S2の切欠78および79が、垂直の第1側壁80および第2側壁82を有するベデスタル磁極端層PT1bをもたらすことに留意されたい。同様に、ギャップ層Gは、垂直の第1側壁84および第2側壁86を有する。ギャップ層Gの上にある頂磁極端要素PT2は、垂直の第1側壁88および第2側壁90を有する。ベデスタル磁極端層PT1bの第1側壁80、ギャップ層Gの第1側壁84および頂磁極端要素PT2の第1側壁88は、第1垂直面100内で連続しており、第2側壁82、86および90は、第2垂直面102内で連続している。図6からわかるように、第1垂直面100と第2垂直面102は、ABSで互いに等間隔に置かれて、書き込みヘッド52のトラック幅wを形成する。第1垂直面100と第2垂直面102は、ABSに対して垂直でもある。第1垂直面100と第2垂直面102は、ABSから0スロート・レベルまでの全体にわたって等間隔であることが好ましい。しかし、望むならば、

直面100と第2垂直面102内の磁極端要素の側壁の垂直位置合せは、ベデスタル磁極端層PT1bと組み合わせ、第2シールド層S2の大きな横幅によって引き起こされるサイドライティングを最小にするために重要である。このベデスタル磁極端層PT1bの重要性を、次の段落で説明する。

【0026】ベデスタル磁極端層PT1bの長さを、以前に可能であると考えられていた長さよりはるかに短くすることができることが発見された。本発明者は、最適な長さを有するベデスタル磁極端層PT1bを形成するための第2シールド層S2の最適切欠深さを決定した。図9ないし図12に、その分析の結果を示す。図9ないし図12のそれぞれでは、(1)底極片(P1)の切り欠かれた書き込みヘッドの平面内サイドトラック書き込み磁界を示し、(2)  $\mu\text{m}$ 単位のおフトラック位置に対して正規化されたヘッド磁界をプロットし、(3)ほとんどのヘッドがディスク媒体の飽和保持力の2.5倍の最大書き込み磁界付近で設計されているので、0.4の正規化ヘッド振幅で実効フリンジ磁界をとり、(4)ギャップの横中心線に沿ってギャップ層Gの側壁からオフトラック位置を測定し、(5)ギャップ長は0.4  $\mu\text{m}$ であり、(6)回転するディスクの上でのヘッドの浮上高さは0.075  $\mu\text{m}$ であり、(7)「最大」と記された破線は、切欠がなく、したがってベデスタル磁極端層PT1bがなく、その結果、ギャップ層Gが第2シールド層S2の真上にある(図14参照)場合のサイドトラック書き込み磁界であり、(8)「最小」と記された破線は、無限の長さのベデスタル磁極端層PT1bのサイドトラック書き込み磁界であり、(9)「最大」と「最小」の破線の間にある実線は、分析の結果である。図9では、図5に示されたベデスタル磁極端層PT1bの長さが、ギャップ長の3倍すなわち1.2  $\mu\text{m}$ である。0.4の正規化ヘッド磁界で、サイドトラック書き込み磁界が、無限長のベデスタル磁極端層PT1bの最小サイドトラック書き込み磁界に非常に近いことがわかる。図10では、ベデスタル磁極端層PT1bの長さが、ギャップ長の2倍すなわち0.8  $\mu\text{m}$ である。0.4正規化ヘッド磁界での結果は、まだ無限長の磁極端要素の最小サイドトラック書き込み磁界に非常に近い。図11では、ベデスタル磁極端層PT1bの長さが、ギャップ長の1倍すなわち0.4  $\mu\text{m}$ であるが、それでも、「最大」の破線によって表される磁極端が存在しない場合よりも「最小」の破線によって表される無限磁極端に近い性能を有する。図11には、第2シールド層S2の切欠が0.4  $\mu\text{m}$ であっても、0.4  $\mu\text{m}$ の長さのベデスタル磁極端層PT1bによって、ベデスタルが全く存在しない書き込みヘッドに対して書き込みヘッドのおフトラック性能がかなり改善されることが示されている。図12では、ベデスタル磁極端層PT1bの長さがギャップ長の0.5倍すなわち

スタル磁極端層PT1bは、0.4の正規化ヘッド磁界で、ベデスタルが全く存在しないヘッドに対して40%の改善をもたらす。

【0027】前述の分析は、ベデスタル磁極端層PT1bの長さを非常に短くしても、オフトラック性能のかなりの改善を達成できることを実証するものである。この長さの許容可能範囲は、ギャップ長の0.5倍から3.0倍までであり、ギャップ長の2倍が、ベデスタル磁極端層PT1bの好ましい長さまたは最適長さである。ギャップの長さは、ここで示した0.4 $\mu$ m以外の値とすることができることを理解されたい。ギャップの長さは、許容可能な性能に関して、0.1 $\mu$ mから0.7 $\mu$ mまでの範囲でさまざまな値とすることができる。したがって、ベデスタル磁極端層PT1bの切欠または長さは、所望のギャップ長の0.5倍から3.0倍までとなるはずである。MR要素のシールドに関する第2シールド層S2の性能を変更せずに、MR読取りヘッド50の第2シールド層S2内にベデスタル磁極端層PT1bを形成できることが、かなり重要である。第2シールド層S2は、通常は7 $\mu$ mから8 $\mu$ mまでの厚さであり、約1 $\mu$ mの切欠は、その性能に影響しない。しかし、望むならば、切欠78および79を考慮に入れてより厚い第2シールド層S2を堆積することができる。重要なことは、この切欠によって、ベデスタル磁極端層PT1bのために別の層を堆積するステップが節約されることである。しかし、第2シールド層S2の上に別の層を堆積した後に、第2シールド層S2と異なる材料からなるベデスタル磁極端層PT1bを設けるため適当に切欠を作ることができることを理解されたい。これは、ベデスタル磁極端層PT1bが第2シールド層S2と異なる材料からなる場合に望まれるであろう。たとえば、ベデスタル磁極端層PT1bを、大量の磁束を扱うために、窒化第2鉄などの高飽和モーメントの材料から構成し、第2シールド層S2を、パーマロイなどの低飽和モーメントの材料から構成することができる。第2シールド層S2と異なる材料からなるベデスタル磁極端層PT1bの構成は、後で詳細に説明する。

【0028】ベデスタル磁極端層PT1bの長さの短縮は、重要な発見であるが、図6に示されるように、ベデスタル磁極端層PT1bおよび磁極端要素PT2bの側壁が、ABSで互いに垂直に位置合せされることも重要である。これらの垂直側壁を達成するための構成の方法は、下の「MR複合ヘッドを製造する方法」で詳細に説明するもう1つの発見である。

【0029】ここで、図5および図6のMR複合ヘッド46の性能を、図14および図15の従来技術のMR複合ヘッドと比較することができる。従来技術のMR複合ヘッドでは、頂磁極端層PT2が、間にギャップ層Gを挟んで第2シールド層S2の上に形成される。第2シールド層S2は、底極片P1として働き、その前方延長で

は、底磁極端層PT1として働く。頂磁極端層PT2を第2シールド層S2から分離する唯一の要素が、ギャップ層Gである。第2シールド層S2の横幅が頂磁極端層PT2の幅と比較して大きいので、頂磁極端層PT2からその幅を超えて第2シールド層S2へ、かなりのサイドフリンジ磁束が延びる。これは、かなりのサイドライティングと貧弱なオフトラック性能をもたらす。磁束は、頂磁極端層PT2と、底磁極端層PT1として働く第2シールド層S2の間を進み、頂磁極端層PT2の側壁によって形成される平面内に完全に収まることが望ましい。図5および図6のMR複合ヘッドが達成するのは、この望ましい性能である。

【0030】図13に、従来技術の誘導ヘッドをABSから見た図を示す。この誘導ヘッドには、ギャップ層Gによって分離された底磁極端層PT1と頂磁極端層PT2が含まれる。誘導ヘッドは、底磁極端層PT1、ギャップ層Gおよび頂磁極端層PT2を使用して、読取り機能と書き込み機能の両方を実行する。書き込み機能の間には、図示されないコイルが、底磁極端層PT1と頂磁極端層PT2に磁束を誘導して、書き込み動作を実行する。読取り動作の間には、底磁極端層PT1および頂磁極端層PT2とそれらの対応する極片が、同一のコイルに磁束を誘導して、読取り動作を実行する。この従来技術の誘導ヘッドのオフトラック性能は、図14および図15に示された従来技術のMR複合ヘッドのオフトラック性能より良い。というのは、底磁極端層PT1および頂磁極端層PT2の側壁が垂直により近く位置合せされているからである。しかし、誘導ヘッドの従来技術の構成では、必然的に底磁極端層PT1および頂磁極端層PT2が基板に向かって幅広くなる結果となる。頂磁極端層PT2および底磁極端層PT1の両方が、この順番で、その構成の間に下向きのイオン・ビームによってミリングされる。イオン・ビームを真下に向ける時、ミリングされた層のかなりの量の再堆積が、ミリングされる磁極端要素の側壁に累積し、頂磁極端層PT2が下の底磁極端層PT1をシャドウイングし、このため図13に示された外向きのテーパー状の形状がもたらされる。頂磁極端層PT2と対比して幅広の底磁極端層PT1は、多少の望ましくないサイドライティングを引き起こす。さらに、両方の磁極端のイオン・ミリング(8 $\mu$ mないし10 $\mu$ m)には、長時間を要する。

【0031】図7および図8は、図5および図6に示された実施例からわずかに修正された本発明のもう1つの実施例を示す図である。図7および図8の実施例では、頂極片P2が、磁極端要素PT2aを形成する前方延長を有する頂磁性層110と、磁極端要素PT2bを形成する前方延長を有する底磁性層112から構成される。磁極端要素PT2bは、垂直の第1側壁114および第2側壁116を有し、磁極端要素PT2aは、垂直の第1側壁118および第2側壁120を有する。図8から

わかるように、ベデスタル磁極端層PT1bの第1側壁80、ギャップ層Gの第1側壁84、磁極端要素PT2bの第1側壁114および磁極端要素PT2aの第1側壁118は、それぞれ第1垂直面100内にあり、ベデスタル磁極端層PT1bの第2側壁82、ギャップ層Gの第2側壁86、磁極端要素PT2bの第2側壁116および磁極端要素PT2aの第2側壁120は、第2垂直面102内にある。磁極端要素PT2aは、その下の磁極端要素と垂直に位置合せされた側壁を有する状態で図示されているが、磁極端要素PT2bがギャップ層Gの長さの約3倍の長さを有する場合には、これは必要ない。というのは、その長さを越えた距離での磁束の流れがあまり重要でなくなるからである。したがって、磁極端要素PT2aのABSでの横幅を、ベデスタル磁極端層PT1bおよび磁極端要素PT2bの幅よりかなり広い横幅とすることができる。磁極端要素PT2aおよび磁極端要素PT2bは、磁極端要素PT2bが磁極端要素PT2aと異なる材料であることが所望される時に、2つの別々の層で構成することができる。たとえば、磁極端要素PT2bを、窒化第2鉄などの高飽和モーメントの材料から構成し、磁極端要素PT2aを、パーマロイなどの低飽和モーメントの材料から構成することができる。この配置の場合、磁極端要素PT2bは、飽和せずに大量の磁束を担持することができる。

【0032】下で説明する構成の方法を用いると、MR複合ヘッド46の磁極端要素の幅を、 $2\mu\text{m}$ まで狭めることができる。これは、図13に示された従来技術の誘導ヘッドの通常の幅である $4\mu\text{m}$ ないし $5\mu\text{m}$ より小さい。図5および図6のベデスタル磁極端層PT1bおよび頂磁極端要素PT2の幅または図7および図8のベデスタル磁極端層PT1bおよび磁極端要素PT2bの幅が、MR複合ヘッドの書込みヘッド部分のトラック幅を確立する。これからTPIを求めることができる。このTPIは、書込みヘッドの面密度を得る際の係数の1つである。

【0033】図3および図4は、さまざまな詳細を示すために部分切断図の形にした、書込みヘッドのより完全な実施例を示す図である。図3では、カバー層である底磁性層112の一部が取り除かれ、第2絶縁層12および第3絶縁層13が取り除かれ、コイル状導体70の一部が省略されている。コイル状導体70は、頂極片P2と底極片P1の間でバック・ギャップBGの周囲に延びる。コイル状導体70の一端は、符号73でリード線72に接続され、この導体の他端（図示せず）は、リード線74に接続される。リード線72および74を介してコイル状導体70に信号電流が送られる時、コイル状導体70は、頂極片P2と底極片P1に磁束を誘導する。これが、ABSの磁極端を前後に横切る磁束を誘導する。

本発明のMR複合ヘッドは、既知の薄膜フォトリソグラフィ・ステップとイオン・ビーム・ミリング・ステップの独自の組合せを使用して構成される。フォトリソグラフィには、フォトレジスト・フレームめっき処理を使用する磁性層の堆積と、フォトレジストおよび現像処理による絶縁層の堆積が含まれる。イオン・ビーム・ミリングは、チャンバ内で実行される。このようなチャンバの内部部品の例を、図16に示す。被加工物（図示せず）は、ターンテーブル130上に置かれ、一定回転数で回転される。回転中に、1つまたは複数のイオン・ビーム132および134が、被加工物に向けられる。これらのイオン・ビームは、アルゴン・イオンであることが好ましい。一次供給源のイオン・ビーム132は、図では垂直下向きであり、二次供給源のイオン・ビーム134は、図では垂直からある角度に向けられている。後で詳細に説明するように、本発明のイオン・ビーム・ミリングは、垂直からある角度にのみ向けられたビームによって達成される。ターンテーブル130上の被加工物（図示せず）に関してイオン・ビームのオン、オフを切り替えるために、シャッタ136をピボット式に取り付ける。

【0035】MR複合ヘッド46のMR読取りヘッド50部分の構成は、当技術分野で周知である。第1シールド層S1、底ギャップ層G1、MR要素、頂ギャップ層G2および第2シールド層S2を、薄膜フォトリソグラフィ処理ステップによって堆積する。図5からわかるように、読取りヘッドの第2シールド層S2は、ABSからバック・ギャップまで、バック・ギャップを含むように堆積され、その結果、第2シールド層S2が、ABSと0スロート・レベルの間の磁極端部分と、0スロート・レベルとバック・ギャップの間のバック部分を有するようになる。書込みヘッド52の底極片P1が、この第2シールド層S2を構成する。この組合せによって、MR複合ヘッドが画定される。

【0036】本発明の第2の発見は、2つの部分からなる。第1に、頂極片P2の磁極端構造が、底極片P1の磁極端構造にベデスタルをイオン・ビーム・ミリングするためのマスクとして利用される。第2に、イオン・ビームが、単一の角度付きビームまたは1対の角度付きビームのいずれかで、頂磁極端構造の側壁に対してある角度に向けられる。角度付きビームの対が好ましく、これは、順番にまたは同時にのいずれかで向けることができる。どの実施例の機器も、頂磁極端構造に追加の厚さを堆積する。この追加の厚さは、底磁極端構造にベデスタルを形成するためのイオン・ビーム・ミリングによって減らされる。

【0037】本発明の図5および図6の実施例を構成するためにイオン・ビームを向けるためのさまざまな実施例を、図17ないし図23に示す。この実施例では、頂

スクとして使用される。本発明の図7および図8の実施例の構成に、同一の方法が使用されるはずである。この実施例では、磁極端要素PT2bだけまたは磁極端要素PT2bおよび磁極端要素PT2aを、底磁極端構造を形成するためのマスクとして使用することができる。

【0038】図17、図18および図19に、底磁極端構造を形成するために順次使用される2つの異なる角度のイオン・ビームの使用を示す。図17には、イオン・ビーム・ミリング中の厚さの減少を見込んで余分の厚さを有する状態で構成された頂磁極端要素PT2が示されている。頂磁極端要素PT2の層の最初の厚さは、 $2\mu\text{m}$ 程度の余分の厚さを含めて $7\mu\text{m}$ 程度とすることができる。頂磁極端要素PT2は、第1側壁88および第2側壁90と共に形成されるが、頂磁極端要素PT2を形成するための処理は、後で詳細に説明する。図17では、イオン・ビームが、頂磁極端要素PT2の側壁に対して $30^\circ$ の角度に向けられている。イオン・ビームは、図では頂磁極端要素PT2の第2側壁90だけに向けられているが、上で説明したように、ターンテーブル130による被加工物の回転のために、頂磁極端要素PT2の第1側壁88と第2側壁90の両方に向けられる。ギャップ層Gが、P1/S2層の上に堆積され、頂磁極端要素PT2が、ギャップ層Gの上に堆積される。上で述べたように、イオン・ビームを垂直下向きに向けると、かなりの量のカットされた材料(屑)が、ミリングされる要素の側壁に再堆積する。図17に示されるように、ビームを頂磁極端要素PT2の側壁に対して $30^\circ$ の角度にすることによって、かなりのカットが発生するが、このビームは、カット動作中にある程度の屑の除去も実行する。 $30^\circ$ が好ましい角度であるが、この角度は、2角度実施例の場合には $20^\circ$ から $40^\circ$ の範囲とすることができる。図17には、カット動作の開始が示され、図18には、カット動作の最終結果が示されている。このカット動作の間に、頂磁極端要素PT2は、第2シールド層S2にベDESTAL磁極端層PT1bをカットするためのマスクとして働く。図19に示されるように、 $30^\circ$ イオン・ビームの後に $75^\circ$ イオン・ビームを用いて、 $30^\circ$ 動作から残された再堆積を除去する。再堆積の除去には $75^\circ$ イオン・ビームが好ましいが、これは、頂磁極端要素PT2の側壁に対して $65^\circ$ から $85^\circ$ までの範囲とすることができる。カット動作中に、頂磁極端要素PT2の厚さが、 $2\mu\text{m}$ など、追加された追加厚さ(図17参照)だけ減らされていることに留意されたい。驚くべき結果は、このミリングの後に、ベDESTAL磁極端層PT1bの側壁が、頂磁極端要素PT2の側壁と位置合せされていることである。ベDESTAL磁極端層PT1bは、第2シールド層S2に符号78および79で切欠を設けることによって形成された。ギャップ層Gは、 $30^\circ$ および $75^\circ$ のビームによってイオン・ミリングするか、その代わりに、イオン・

ビーム・ミリングの前にその幅まで化学エッチングすることができる。

【0039】図20および図21は、 $30^\circ$ ビームと $75^\circ$ ビームを同時にに向けてカット動作と除去動作を行う点を除いて、図17、図18および図19の実施例に類似した、イオン・ビーム・ミリングの実施例を示す図である。

【0040】図22および図23は、ベDESTAL磁極端層PT1bを画定するためのカットと除去の両方に単一のイオン・ビームを使用する、イオン・ビーム・ミリングの実施例を示す図である。前に説明した2角度ビーム手法は、単一ビームより好ましい。しかし、この単一ビームを用いて満足な結果を得ることができる。単一ビームの好ましい角度は $55^\circ$ であるが、この角度は、許容可能範囲として $45^\circ$ から $65^\circ$ まで変更することができる。

【0041】図24ないし図28は、本発明の図5および図6の実施例の磁極端要素を構成する際の追加の詳細を示す図である。図24では、フォトレジスト・フレームを利用して、頂極片P2とその頂磁極端要素PT2をめっきしている。このめっき動作によって、フレームの外側もめっきされ、これをP2フィールドと称する。図25では、フォトレジスト・フレームが取り除かれており、両側にP2フィールドを有する頂磁極端要素PT2が残されている。図25では、ギャップ層GがP1/S2層の上に堆積され、頂磁極端要素PT2がギャップ層Gの上に堆積されたことがわかる。フレームめっき処理の場合、頂磁極端要素PT2は、本来備わったものとして垂直方向の第1側壁88および第2側壁90を有する状態で構成される。図26では、P2フィールドが取り除かれ、頂磁極端要素PT2を露出する開口または窓140を有するフォトレジスト・マスクが、頂極片P2の上に置かれている。このレジスト窓は、図27により明瞭に示されている。その後、上で述べたように、このレジスト窓を介して1つまたは複数のイオン・ビームを向け、図28に示されるように、P1/S2層に切欠を設けてベDESTAL磁極端層PT1bをもたらす。

【0042】図29ないし図33は、本発明の図7および図8の実施例の磁極端構造を作るための処理ステップを示す図である。これらのステップは、図30に示されるように2つの磁極端要素PT2aおよびPT2bをもたらすために頂極片P2が2層を用いて構成される点を除いて、図24ないし図28に関して説明したステップと同一である。イオン・ビーム・ミリングの後に、図33に示されるように、ベDESTAL磁極端層PT1bが形成され、頂磁極端構造に、磁極端要素PT2aおよびPT2bが含まれる。上で述べたように、磁極端要素PT2bは、磁極端要素PT2aと異なる材料とすることができる。図34は、イオン・ビーム・ミリングの前に第2シールド層S2の上に磁性層が置かれる場合の追加の

実施例を示す図である。この場合、底磁極端構造に、2つのベDESTAL磁極端要素すなわち、ベDESTAL磁極端層PT1bおよびPT1cが含まれるはずである。やはり、ベDESTAL磁極端層PT1cは、ベDESTAL磁極端層PT1bと異なる材料とすることができる。磁極端要素PT2bおよびベDESTAL磁極端層PT1cは、窒化第2鉄などの高飽和モーメントの材料( $4\pi m_s$ )から構成でき、ベDESTAL磁極端層PT1bおよび磁極端要素PT2aの材料は、パーマロイなどの低飽和モーメントの材料とすることができる。高飽和材料を用いると、ギャップ層Gに最も近い磁極端を通じて大量の磁束を飽和せしめるようになる。

【0043】このMR複合ヘッドを製作する方法には、第2シールド層S2が、ABSと0スロット・レベルの間の磁極端部分と、0スロット・レベルとバック・ギャップの間のバック部分とを有するように、バック・ギャップを含めてABSからバック・ギャップまで、読取りヘッドの第2シールド層S2を堆積するステップ(図5および図6参照)と、ABSから0スロット・レベルまで第2シールド層S2の上にギャップ層Gを堆積するステップ(図5および図6参照)と、ギャップ層Gの上に頂磁極端要素PT2を有する頂極片P2を形成するために、ギャップ層Gと第2シールド層S2の上に磁性層を堆積するステップ(図24および図25参照)と、少なくとも1つのイオン・ビームを、頂磁極端要素PT2の両側で符号78および79にS2層に切欠を設けるためのマスクとして頂磁極端要素PT2を使用して、頂磁極端要素PT2の第1側壁88および第2側壁90に対してある角度でABSに実質的に平行な向きで第2シールド層S2の磁極端部分に向けるステップとが含まれて、切欠がベDESTALを有する第2シールド層S2を残し、ベDESTALがベDESTAL磁極端層PT1bであり、ベDESTAL磁極端層PT1bを除く、ABSと0スロット・レベルの間の第2シールド層S2が磁極端要素PT1aであり(図17ないし図19参照)、ベDESTAL磁極端層PT1bの第1側壁80および頂磁極端要素PT2の第1側壁88が第1垂直面100内で位置合せされ、ベDESTAL磁極端層PT1bの第2側壁82および頂磁極端要素PT2の第2側壁90が第2垂直面102内で位置合せされ、第1垂直面100と第2垂直面102がMR複合ヘッドのトラック幅wを画定するようにABSで互いに離隔される(図6参照)ことが、簡単に明らかになる。少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップには、第1および第2のイオン・ビームを含めることができ、第1イオン・ビームは、 $0^\circ < \theta < 60^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ とし、第2イオン・ビームは、 $60^\circ \leq \theta \leq 85^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ とすることができる。ギャップ層Gを堆積するステップには、 $0.1\mu\text{m}$ から $0.7\mu\text{m}$ までの範囲の長さgを画定する厚さを有し、ABS

3.  $0\text{g}$ までの範囲である、ギャップ層を設けるステップを含めることができる。少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップに、各切欠が約 $0.7\mu\text{m}$ の深さになるように符号78および79で第2シールド層S2を切り欠き、これによって、約 $0.7\mu\text{m}$ の長さを有するベDESTAL磁極端層PT1bを設けるステップを含めることができる。少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップに、頂磁極端要素PT2の層厚さを約 $2\mu\text{m}$ 減少させるステップが含まれる。

【0044】前述の発見を用いると、MR複合ヘッドが、併合MR読取りヘッドの第2シールド層S2に関して底磁極端要素がベDESTALである、ギャップ層に隣接する垂直に位置合せされた磁極端を有することが可能になることが簡単に明らかになる。この側壁の垂直位置合せによって、磁極端の間のサイドライティングの最小化が最適化される。

【0045】明らかに、当業者であれば、本発明の他の実施例および修正を簡単に思い浮かべるであろう。したがって、本発明は、請求の範囲によってのみ制限されるべきであり、これには、上記明細書および添付図面と共に眺めた時のそのような実施例および修正が含まれる。

【0046】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0047】(1) 底極片P1と頂極片P2とを有する書き込みヘッドを含み、前記底極片P1が底磁極端要素PT1aと頂磁極端要素PT1bとを有し、前記頂極片P2が磁極端要素PT2を有することを特徴とし、前記底極片とその磁極端要素PT1aとを含む第2シールド層S2を有するMR読取りヘッドを含み、前記頂磁極端要素PT1bが、第2シールド層S2に関してベDESTALを形成することを特徴とし、前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれが、第1および第2の側壁を有し、前記頂磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれの第1側壁が、共通して第1垂直面内にあり、前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれの第2側壁が、共通して第2垂直面内にあることを特徴とし、前記第1および第2の垂直面が、エア・ベアリング面(ABS)において、書き込みヘッド・トラック幅を表す距離wだけ互いに離隔して置かれることを特徴とする、MR複合ヘッド。

(2) ハウジングと、ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係にMR複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、上記(1)に記載のMR複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

(3) 前記第2シールド層S2が、前記底磁極端要素PT1aに加えて、前記頂磁極端要素PT1bを含むこと

(4) 前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2の間に置かれたギャップ層Gを含み、該ギャップ層Gが、第1および第2の側壁を有し、前記ギャップ層Gの第1側壁が、前記第1垂直面内に置かれ、前記ギャップ層Gの第2側壁が、前記第2垂直面内に置かれることを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(5) 前記磁極端要素PT2が単一層であることを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(6) 前記磁極端要素PT2が磁極端要素PT2aおよびPT2bを含み、前記磁極端要素PT2aおよびPT2bのそれぞれが、別々の層であることを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(7) 前記MR読取りヘッドが、前記第2シールド層S2に加えて第1シールド層S1と、該第1シールド層S1と前記第2シールド層S2との間に挟まれた第1ギャップ層G1および第2ギャップ層G2と、前記第1ギャップ層G1と前記第2ギャップ層G2との間に挟まれたMR素子を含むことを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(8) 前記第1垂直面と前記第2垂直面との間の距離が $5\mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(9) 前記ABSでのギャップGの長さが $g$ であり、前記ABSでの前記頂磁極端要素PT1bの長さが、 $0.5g$ から $3.0g$ までの範囲内にあることを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(10) 前記第2シールド層S2が、前記底磁極端要素PT1aに加えて前記頂磁極端要素PT1bを含むことを特徴とする、上記(9)に記載のMR複合ヘッド。

(11) ハウジングと、ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係にMR複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、上記(10)に記載のMR複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

(12) 前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2の間に置かれたギャップ層Gを含み、該ギャップ層Gが、第1および第2の側壁を有し、前記ギャップ層Gの第1側壁が、前記第1垂直面内に置かれ、前記ギャップ層Gの第2側壁が、前記第2垂直面内に置かれる、上記(10)に記載のMR複合ヘッド。

(13) 前記MR読取りヘッドが、前記第2シールド層S2に加えて第1シールド層S1と、該第1シールド層S1と前記第2シールド層S2との間に挟まれた第1ギャップ層G1および第2ギャップ層G2と、前記第1ギャップ層G1と前記第2ギャップ層G2との間に挟まれたMR素子を含むことを特徴とする、上記(12)に記載のMR複合ヘッド。

(14) 前記ギャップGの長さ $g$ が、 $0.1\mu\text{m}$ から

$0.7\mu\text{m}$ までの範囲内にあり、前記ABSでの磁極端要素の長さが、実質的に $2.0g$ であることを特徴とする、上記(13)に記載のMR複合ヘッド。

(15) 前記磁極端要素PT2が、単一層であることを特徴とする、上記(14)に記載のMR複合ヘッド。

(16) 前記磁極端要素PT2が、磁極端要素PT2aおよびPT2bを含み、前記磁極端要素PT2aおよびPT2bのそれぞれが、別々の層であることを特徴とする、上記(14)に記載のMR複合ヘッド。

(17) 底極片P1と頂極片P2とを有する書込みヘッドを含み、前記底極片P1が、底磁極端要素PT1aと頂磁極端要素PT1bとを有し、前記頂極片P2が、磁極端要素PT2を有し、前記底磁極端要素PT1aが、前記頂磁極端要素PT1bの幅よりも広い幅を有することを特徴とし、前記底磁極端要素PT1aを含む前記底極片を含む第2シールド層S2を有するMR読取りヘッドを含み、前記頂磁極端要素PT1bが、前記第2シールド層S2に関してベDESTALであることを特徴とし、前記頂磁極端要素PT1bが、頂薄膜面、第1側壁、第2側壁および前壁を有し、前壁が、エア・ベアリング面(ABS)の一部を形成し、頂薄膜面が、前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれることを特徴とし、前記磁極端要素PT2が、頂薄膜面、底薄膜面、前壁、第1側壁および第2側壁を有し、前壁が、ABSの一部を形成し、頂薄膜面および底薄膜面が、前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれることを特徴とし、前記頂磁極端要素PT1bの頂薄膜面と前記磁極端要素PT2の底薄膜面との間に挟まれ、頂薄膜面、底薄膜面、前壁を有し、前壁が前記ABSの一部を形成し、頂薄膜面および底薄膜面が前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれる、ギャップ層Gを含み、前記頂磁極端要素PT1b、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれの第1側壁が、第1垂直面内で連続しており、前記頂磁極端要素PT1b、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれの第2側壁が、第2垂直面内で連続していることを特徴とし、前記第1垂直面および前記第2垂直面のそれぞれが、前記ABSに対して垂直であり、前記ABSの位置で、前記書込みヘッドのトラック幅である距離 $w$ だけ互いに離れていることを特徴とするMR複合ヘッド。

(18) 前記底磁極端要素PT1aおよび前記頂磁極端要素PT1bのそれぞれが、別々の磁性層であり、前記磁極端要素PT2が、頂磁極端要素PT2aと底磁極端要素PT2bとを含み、前記頂磁極端要素PT1bおよび前記底磁極端要素PT2bの材料が、前記底磁極端要素PT1aおよび前記頂磁極端要素PT2aの材料より高いモーメントの飽和を有することを特徴とする、上記(17)に記載のMR複合ヘッド。

(19) 前記ABSでのギャップGの長さ $g$ であり、前記ABSでの前記頂磁極端要素PT1bの長さが、実

質的に2.0gであることを特徴とする、上記(17)に記載のMR複合ヘッド。

(20) 前記ギャップGの長さgが、0.1 $\mu$ mから0.7 $\mu$ mまでの範囲内にあることを特徴とする、上記(19)に記載のMR複合ヘッド。

(21) 前記第2シールド層S2が、前記底磁極端要素PT1aに加えて、前記頂磁極端要素PT1bを含むことを特徴とする、上記(20)に記載のMR複合ヘッド。

(22) 前記MR読取りヘッドが、前記第2シールド層S2に加えて第1シールド層S1と、該第1シールド層S1と前記第2シールド層S2との間に挟まれた第1ギャップ層G1および第2ギャップ層G2と、前記第1ギャップ層G1と前記第2ギャップ層G2との間に挟まれたMR素子を含むことを特徴とする、上記(21)に記載のMR複合ヘッド。

(23) ハウジングと、ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係にMR複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、上記(22)に記載のMR複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

(24) 前記磁極端要素PT2が磁極端要素PT2aおよびPT2bを含み、前記磁極端要素PT2aおよびPT2bのそれぞれが、別々の層であることを特徴とする、上記(22)に記載のMR複合ヘッド。

(25) 磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれが第1側壁と第2側壁とを有する、磁極端要素PT1a、PT1bおよびPT2と、前記磁極端要素PT1aを含む第2シールド層S2を含むMR読取りヘッドとを含み、前記磁極端要素PT1bが、前記第2シールド層S2に関してベDESTALであることを特徴とし、前記磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれの第1側壁が、第1垂直面内に位置合せされ、前記磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれの第2側壁が、第2垂直面内に位置合せされることを特徴とし、前記第1および第2の垂直面が、ABSで、MR複合ヘッドのトラック幅を画定する距離wだけ互いに離隔して置かれることを特徴とするMR複合ヘッド。

(26) 前記第2シールド層S2が、前記磁極端要素PT1aに加えて、前記磁極端要素PT1bを含み、前記磁極端要素PT2が、単一層であることを特徴とする、上記(25)に記載のMR複合ヘッド。

(27) 前記ABSでのギャップGの長さがgであり、該ギャップGの長さgが、0.1 $\mu$ mから0.7 $\mu$ mまでの範囲内にあり、前記ABSでの前記磁極端要素PT1bの長さが、0.5gから3.0gまでの範囲内にあることを特徴とする、上記(26)に記載のMR複合ヘ

(28) エア・ベアリング面(ABS)と0スロット・レベルとの間に延びる未画定の磁極端部分を有し、前記ABSからバック・ギャップまで延び、該バック・ギャップを含む底極片P1と、MRヘッドの第2シールド層S2とを形成するため少なくとも1つの磁性層を堆積するステップと、前記ABSと前記0スロット・レベルとの間に延び、第1および第2の垂直側壁を有する画定された磁極端要素PT2と共に形成される頂極片P2を、前記バック・ギャップを含めて前記ABSから前記バック・ギャップまで、前記底極片P1の上に形成するためもう1つの磁性層を堆積するステップと、前記底極片P1に関してベDESTALであり、前記磁極端要素PT2の前記第1および第2の垂直側壁に対してそれぞれ位置合せされる第1および第2の垂直側壁を有する磁極端要素PT1bと、磁極端要素PT1aとに、底極片P1を形成するため、前記磁極端要素PT2の各側面上で前記底極片P1を垂直に切り欠くため、画定された前記磁極端要素PT2をマスクとして使用して、画定された前記磁極端要素PT2の側壁に対して角度 $\theta$ で、前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップとを含む、エア・ベアリング面(ABS)によって部分的に囲まれる頂部および底部を有するMR複合ヘッドを製造する方法。

(29) 前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップの前に、前記頂極片P2の上にフォトレジスト・マスクを堆積するステップと、画定された前記磁極端要素PT2が、前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップのためのマスクとして働くことができるように、画定された前記磁極端要素PT2とその各側面上の区域を露出する開口を前記フォトレジスト・マスク内に設けるステップとを含む、上記(28)に記載の方法。

(30) 前記もう1つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片P1の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも1つの磁性層の上にギャップ層Gを堆積するステップを含み、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記底極片P1の未画定の磁極端部分にイオン・ビームを向ける前に、ギャップ層Gにイオン・ビームを向けるステップを含むことを特徴とし、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記ギャップ層Gに磁極端要素PT1bおよびPT2の第1および第2の垂直側壁とそれぞれ位置合せされる第1および第2の垂直側壁を設けることを特徴とする上記(28)に記載の方法。

(31) 前記もう1つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片P1の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも1つの磁性層の上にギャップ層Gを堆積するステップを含み、前記ギャップ層Gを堆積する



範囲内の長さ  $g$  を有するギャップ層をもたらすことを特徴とし、前記ABSでの前記磁極端要素PT1bの長さが、実質的に  $2.0g$  であることを特徴とする上記(28)に記載の方法。

(32) 前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、単一の角度  $\theta$  で単一のイオン・ビームを向けることからなることを特徴とする、上記(28)に記載の方法。

(33) 前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、第1および第2のイオン・ビームを向けるステップを含み、第1イオン・ビームが、 $0^\circ < \theta < 60^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であり、第2イオン・ビームが、 $60^\circ < \theta < 85^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であることを特徴とする、上記(28)に記載の方法。

(34) 前記第1イオン・ビームが、 $20^\circ < \theta < 40^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であることを特徴とする、上記(33)に記載の方法。

(35) 前記第1イオン・ビームが、実質的に  $30^\circ$  の角度  $\theta$  であり、前記第2イオン・ビームが、実質的に  $75^\circ$  の角度  $\theta$  であることを特徴とする、上記(34)に記載の方法。

(36) 前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、磁極端層PT2の厚さを減少させ、前記磁極端要素PT2を堆積するステップが、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップによって引き起こされる前記磁極端要素PT2の厚さの減少である追加厚さを有する磁極端層PT2を堆積するステップを含むことを特徴とする、上記(28)に記載の方法。

(37) 前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップの前に、画定された前記磁極端要素PT2とその各側面上の区域とを露出させる窓を前記ABSと0スロット・レベルとの間のマスク内に残して、前記頂極片P2層の上で実質的に0スロット・レベルとバック・ギャップとの間にマスクを堆積するステップを含む、上記(36)に記載の方法。

(38) 前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、単一の角度  $\theta$  で単一のイオン・ビームを向けることからなり、前記角度  $\theta$  が、 $0^\circ < \theta < 60^\circ$  の範囲内であることを特徴とする、上記(37)に記載の方法。

(39) 前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、第1および第2のイオン・ビームを向けるステップを含み、第1イオン・ビームが、 $20^\circ < \theta < 40^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であり、第2イオン・ビームが、 $65^\circ < \theta < 85^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であることを特徴とする、上記(37)に記載の方法。

(40) 前記第1イオン・ビームが、実質的に  $30^\circ$  の角度  $\theta$  であり、前記第2イオン・ビームが、実質的に  $75^\circ$  の角度  $\theta$  であることを特徴とする、上記(39)に記載の方法。

(41) 前記もう1つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片P1の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも1つの磁性層の上にギャップ層Gを堆積するステップを含み、該ギャップ層Gを堆積するステップが、ギャップGに前記ABSでの長さ  $g$  をもたらす層厚さをもたらすことを特徴とし、前記ABSでの磁極端要素PT1bの長さが、実質的に  $2.0g$  であることを特徴とする上記(40)に記載の方法。

(42) 前記第1および第2のイオン・ビームが、同時に向けられることを特徴とする、上記(41)に記載の方法。

(43) 前記第1および第2のイオン・ビームが、順次向けられることを特徴とする、上記(41)に記載の方法。

(44) 前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、イオン・ビーム・ミリング・チャンパ内に、その上に諸層を堆積された前記底極片P1を置くステップと、前記底極片P1およびその上に堆積された諸層にイオン・ビームを向けている間に、前記底極片P1およびその上に堆積された諸層を一定回転数で回転するステップとを含むことを特徴とする、上記(43)に記載の方法。

(45) 前記ギャップ層Gを堆積するステップが、前記ギャップ層Gに  $0.1\mu\text{m}$  から  $0.7\mu\text{m}$  までの範囲内の長さ  $g$  をもたらすステップを含み、前記別の磁性層を堆積するステップが、約  $7\mu\text{m}$  の層厚さを有する前記磁極端要素PT2を堆積するステップを含み、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、各切欠が約  $0.7\mu\text{m}$  の深さになり、前記ベDESTALが約  $0.7\mu\text{m}$  の高さを有するように、前記底極片P1に切欠を設けるステップを含み、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT2の厚さを約  $2\mu\text{m}$  減少させることを特徴とする、上記(44)に記載の方法。

(46) MR読取りヘッドと書き込みヘッドとを含むMR複合ヘッドを製造する方法において、該MR読取りヘッドが、第1および第2のシールド層S1およびS2、該第1および第2のシールド層S1およびS2の間に挟まれた第1および第2のギャップ層G1およびG2、ならびに、該第1および第2のギャップ層G1およびG2の間に挟まれたMR素子を有し、前記書き込みヘッドが、エア・ベアリング面(ABS)からバック・ギャップまで延び、該バック・ギャップを含む底極片P1と頂極片P2とを含み、該底極片P1が、第2シールド層S2を構成し、前記底極片P1が、前記ABSと0スロット・レベルとの間に延びる磁極端要素PT1aおよびPT1bを有し、前記頂極片P2が、前記ABSと前記0スロット・レベルとの間に延びる磁極端要素PT2を有し、前記磁極端要素PT1bが、前記第2シールド層S2、前記底極片P1および前記磁極端要素PT1aに関してベ

デスタルであり、前記第2シールド層S2が、前記磁極端要素PT1aおよびPT1bを含み、ギャップ層Gが、前記磁極端要素PT1aおよびPT2の間に挟まれ、前記磁極端要素PT2、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT1bのそれぞれが、第1および第2の垂直側壁を有し、前記磁極端要素PT2、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT1bの第1垂直側壁が、第1垂直面内で連続しており、前記磁極端要素PT2、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT1bの第2垂直側壁が、第2垂直面内で連続しており、前記第1および第2の垂直面が、前記ABSに対して垂直であり、MR複合ヘッドのトラック幅を画定する距離wだけABSで互いに離隔しており、(1)前記MR読取りヘッドの前記第2シールド層S2と、(2)前記ABSと0スロート・レベルとの間の未画定の磁極端部分と、前記0スロート・レベルとバック・ギャップとの間のバック部分とを有する前記底極片P1とを形成するために、前記バック・ギャップを含み前記ABSから前記バック・ギャップまで、第1磁性層を堆積するステップと、前記ABSから前記0スロート・レベルまで、前記第1磁性層の上にギャップ層Gを堆積するステップと、前記第1および第2の垂直側壁を有する画定された前記磁極端要素PT2を有する前記頂極片P2を形成するため、前記第1磁性層の上で前記ギャップ層Gの上に第2磁性層を堆積するステップと、前記磁極端要素PT2の各側面上で前記第1磁性層に切欠を設けるためのマスクとして前記磁極端要素PT2を使用して、前記底極片P1の未画定の磁極端部分のある区域内の前記第1磁性層で、前記ABSに実質的に平行で前記磁極端要素PT2の第1および第2の側壁に対して角度 $\theta$ の方向に、少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップとを含み、前記切欠によって、垂直のベDESTALを有する前記第1磁性層が残され、前記垂直ベDESTALが、前記磁極端要素PT1bであり、前記磁極端要素PT1bに第1および第2の垂直側壁をもたらす、前記ABSと前記0スロート・レベルとの間の、前記ベDESTALを除く磁性層が、前記磁極端要素PT1aを含み、前記磁極端要素PT1bおよびPT2の第1垂直側壁が、第1垂直面内で位置合せされ、前記磁極端PT1bおよびPT2の第2側壁が、第2垂直面内で位置合せされ、前記第1および第2の垂直面が、前記ABSに対して垂直であり、MR複合ヘッドのトラック幅wを画定するため前記ABSで互いに離隔されることを特徴とする前記方法。

(47) 前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、未画定の磁極端部分にイオン・ビームを向ける前に前記ギャップ層Gにイオン・ビームを向けるステップを含み、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT1bおよびPT2の第1および第2の垂直側壁にそれぞれ位置合せされ

ことを特徴とする、上記(46)に記載の方法。

(48) 前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、第1および第2のイオン・ビームを向けるステップを含み、前記第1イオン・ビームが、 $20^\circ < \theta < 40^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ であり、前記第2イオン・ビームが、 $65^\circ < \theta < 85^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ であることを特徴とする、上記(46)に記載の方法。

(49) 前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT2の厚さを減少させ、前記磁極端要素PT2を形成するために磁性層を堆積するステップが、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップによって引き起こされる前記磁極端要素PT2の厚さの減少である追加厚さを有する前記磁極端要素PT2を堆積するステップを含むことを特徴とし、前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップの前に、画定された前記磁極端要素PT2とその各側面上の区域を露出させる窓を前記ABSと前記0スロート・レベルとの間のマスク内に残して、前記頂極片P2の上で実質的に前記0スロート・レベルとバック・ギャップとの間にマスクを堆積するステップを含む上記(48)に記載の方法。

(50) 前記ギャップ層Gを堆積するステップが、前記ギャップGに前記ABSでの長さgをもたらす層厚さをもたらすことを特徴とし、前記ABSでの前記磁極端要素PT1bの長さが、0.5gから3.0gまでの範囲内にあることを特徴とする、上記(49)に記載の方法。

(51) 前記第1イオン・ビームが、約 $30^\circ$ の角度 $\theta$ であり、前記第2イオン・ビームが、約 $75^\circ$ の角度 $\theta$ であることを特徴とする、上記(50)に記載の方法。

(52) 前記ギャップ層Gを堆積するステップが、0.1 $\mu\text{m}$ から0.7 $\mu\text{m}$ までの範囲内の厚さgを有するギャップ層Gを堆積するステップを含み、前記磁極端要素PT2を堆積するステップが、約7 $\mu\text{m}$ の層厚さを有する前記磁極端要素PT2を堆積するステップを含み、前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、約0.7 $\mu\text{m}$ の深さである深さを有する切欠を前記第1磁性層に設け、これによって、約0.7 $\mu\text{m}$ の高さを有するベDESTALを設けるステップを含み、前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT2の層厚さを約2 $\mu\text{m}$ 減少させることを特徴とする、上記(51)に記載の方法。

(53) 前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、イオン・ビーム・ミリング・チャンバ内に、その上に諸層を堆積された第1磁性層を置くステップと、前記第1磁性層およびその上に堆積された諸層にイオン・ビームを向けている間に、前記第1磁性層およびその上に堆積された諸層を一定回転数で回転するステップとを含むことを特徴とする、上記(52)に記載の

( 5 4 ) 前記第 1 および第 2 のイオン・ビームが、同時に向けられることを特徴とする、上記 ( 5 3 ) に記載の方法。

( 5 5 ) 前記第 1 および第 2 のイオン・ビームが、順次向けられることを特徴とする、上記 ( 5 3 ) に記載の方法。

【 0 0 4 8 】

【発明の効果】本発明の実施により、( 1 ) サイドライティングを最小化するために垂直に位置合せされた磁極端を有する薄膜磁気ヘッドを提供し、( 2 ) オフトラック性能を改良された薄膜MR複合ヘッドを提供し、

( 3 ) その中の磁気抵抗要素のシールドとして働き、良好なオフトラック性能を有する書き込みヘッドの磁極端としても働く第 2 シールド層 S 2 を有するMR複合ヘッドを提供し、( 4 ) 第 2 シールド層 S 2 が小さな高さのベデスタルを有し、このベデスタルが磁極端層 P T 1 b として働き、その下の S 2 層が書き込みヘッドの底極片 P 1 の磁極端要素 P T 1 a として働くことを特徴とし、磁極端層 P T 1 b の側壁が頂磁極端要素 P T 2 の側壁と垂直に位置合せされることを特徴とする、MR複合ヘッドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の薄膜MR複合ヘッドを使用するディスク駆動装置の、原寸大ではない概略図である。

【図 2】磁気ディスク上のトラックの上に位置決めされた薄膜書き込みヘッドの磁極端のクリティカル部分の概略図である。

【図 3】MR読取りヘッドの諸層の上に取り付けられた書き込みヘッドの層を有する薄膜MRヘッドの等角図である。

【図 4】図 3 の書き込みヘッドの上面概略図である。

【図 5】本発明の薄膜MR複合ヘッドの 1 実施例の側面図である。

【図 6】図 5 の平面 V I - V I に沿った A B S の図である。

【図 7】本発明の薄膜MR複合ヘッドのもう 1 つの実施例の側面図である。

【図 8】平面 V I I I - V I I I に沿った、図 7 に示されたヘッドの A B S の図である。

【図 9】本発明に従って作られたMR複合ヘッドのサイドライティングを示すグラフである。

【図 1 0】本発明に従って作られたMR複合ヘッドのサイドライティングを示すグラフである。

【図 1 1】本発明に従って作られたMR複合ヘッドのサイドライティングを示すグラフである。

【図 1 2】本発明に従って作られたMR複合ヘッドのサイドライティングを示すグラフである。

【図 1 3】従来技術の誘導ヘッドの A B S を示す図である。

【図 1 4】従来技術の薄膜MR複合ヘッドの A B S を示

す図である。

【図 1 5】図 1 4 に示された従来技術の薄膜MR複合ヘッドの側面図である。

【図 1 6】例のイオン・ビーム・チャンバの概略図である。

【図 1 7】頂磁極端要素 P T 2 の側壁に対してある角度で開始されるイオン・ミリングを A B S 側から見た図である。

【図 1 8】ベデスタル磁極端層 P T 1 b を形成するために P 1 / S 2 層が切り欠かれた、イオン・ミリング・ステップの終りであることを除いて、図 1 7 と同一の図である。

【図 1 9】図 1 7 および図 1 8 のカット動作中の屑の再堆積を除去するために、イオン・ミリングが頂磁極端要素 P T 2 の側壁に対してより深い角度になっている点を除いて、図 1 8 と同一の図である。

【図 2 0】図 1 7 ないし図 1 9 の処理に示されるように、カット用のイオン・ビームと除去用のイオン・ビームが順次向けられるのではなく、同時に向けられる点を除いて、図 1 7 と同様の図である。

【図 2 1】ベデスタル磁極端層 P T 1 b を形成するための切欠が完了している点を除いて、図 2 0 と同一の図である。

【図 2 2】カットと除去の両方のためにより深い角度の単一のイオン・ビームが用いられている点を除いて、図 1 7 と同様の図である。

【図 2 3】ベデスタル磁極端層 P T 1 b を形成するためのカットおよび除去動作が完了している点を除いて、図 2 2 と同様の図である。

【図 2 4】垂直の側壁を有する頂磁極端要素 P T 2 を形成するためのステップの上面概略図である。

【図 2 5】フォトリソ・フレームが取り除かれた状態の図 2 4 の構造を A B S 側から見た図である。

【図 2 6】頂磁極端要素 P T 2 を露出されたままにしてマスクされた頂極片 P 2 の上面図である。

【図 2 7】1 つまたは複数のイオン・ビームをある角度でそこに向けられるようにするための、頂磁極端要素 P T 2 の上のレジスト窓または開口を示す、図 2 6 に示された構造を A B S 側から見た図である。

【図 2 8】頂磁極端要素 P T 2 の側壁に対してある角度でイオン・ビーム・ミリングを行い、したがって、ベデスタル磁極端層 P T 1 b を形成した後の、結果の磁極端構造を示す図である。

【図 2 9】図 2 4 と同様の図である。

【図 3 0】図 2 5 と同様の図である。

【図 3 1】図 2 6 と同様の図である。

【図 3 2】図 2 7 と同様の図である。

【図 3 3】図 2 8 と同様の図である。

【図 3 4】ギャップ層 G からさらに離れた磁極端の残りとは異なる材料を得るために追加のベデスタル磁極端層 P

T1c および磁極端要素PT2bが堆積されている点を除いて、図33に類似の図である。

【符号の説明】

G ギャップ層

MR 磁気抵抗要素

P1 底極片

P2 頂極片

PT1 底磁極端要素

PT1a 底磁極端要素

PT1b ペDESTAL磁極端層 (頂磁極端要素)

PT1c ペDESTAL磁極端層

PT2 磁極端要素

PT2a 磁極端要素

PT2b 磁極端要素

S1 第1シールド層

S2 第2シールド層

40 磁気ディスク駆動装置

42 磁気ディスク

44 モーター

46 薄膜MR複合ヘッド (MR複合ヘッド)

48 スライダ

50 MR読取りヘッド

52 書き込みヘッド

54 エア・ベアリング面 (ABS)

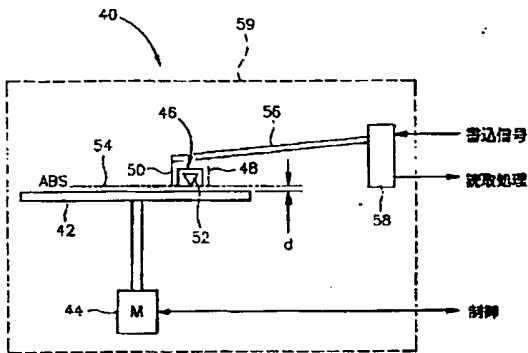
56 ヘッド・サスペンション・アセンブリ

58 駆動装置電子回路

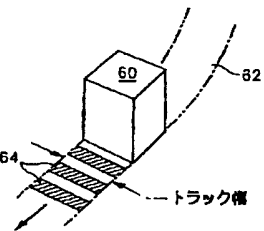
59 駆動装置ハウジング

60 書き込みヘッドの磁極端要素

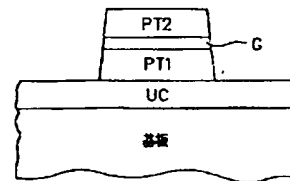
【図1】



【図2】

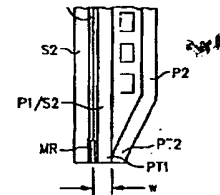


【図13】

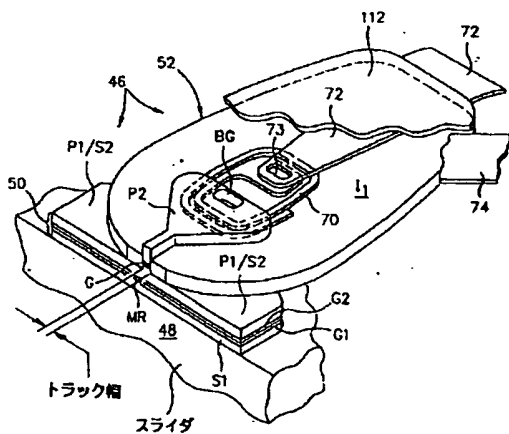


【図15】

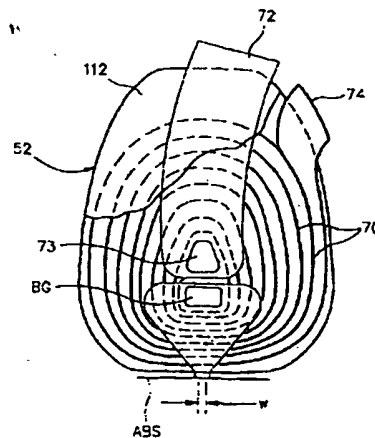
G1およびG2



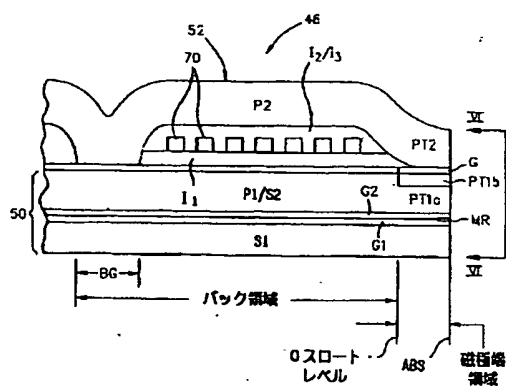
【図3】



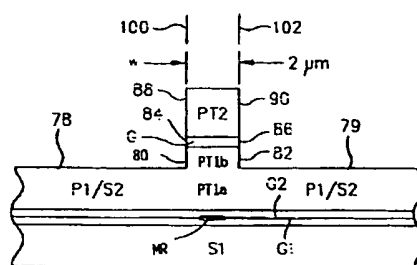
【図4】



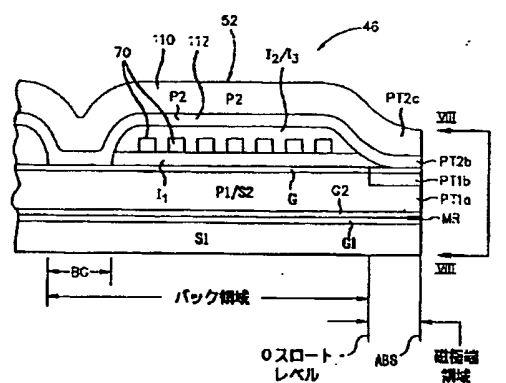
【图 5】



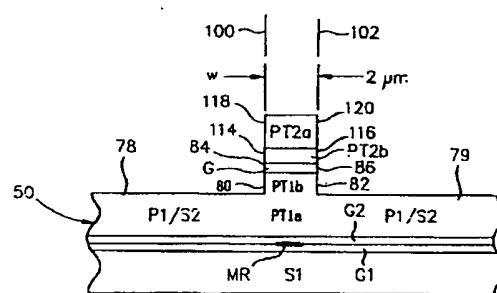
【图 6】



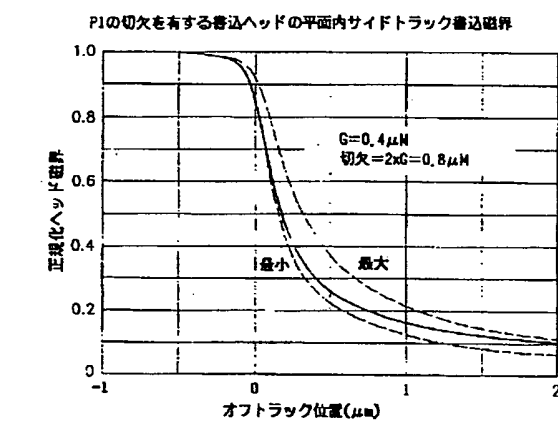
【图 7】



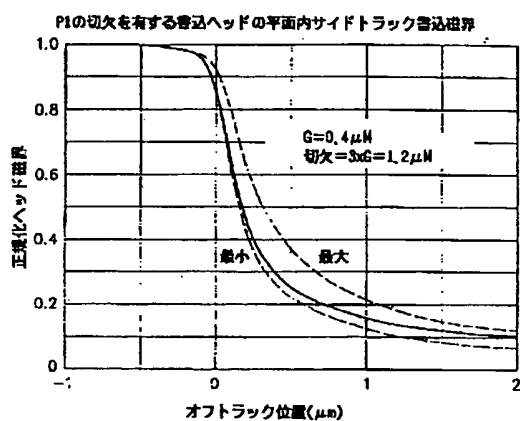
【图8】



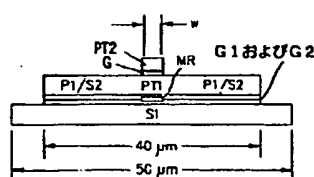
【圖 10】



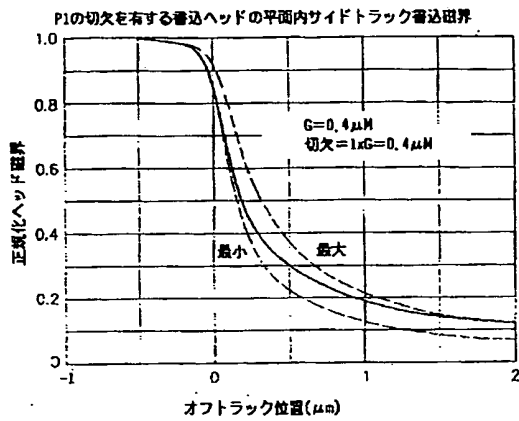
【图 9】



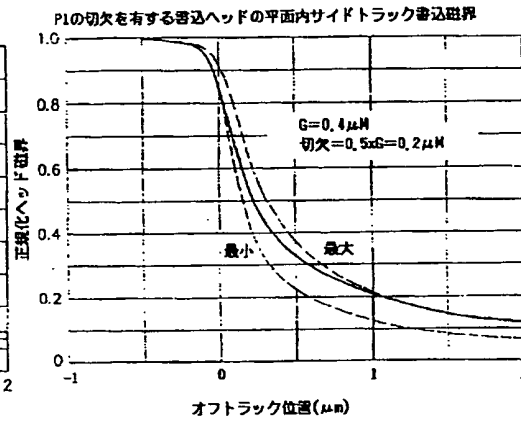
【図 14】



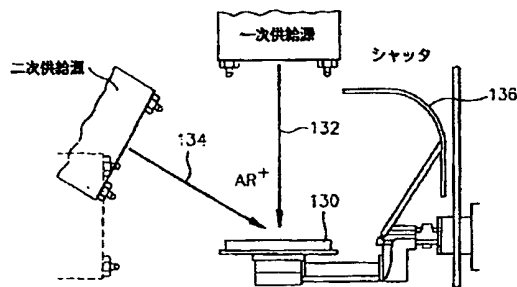
【図11】



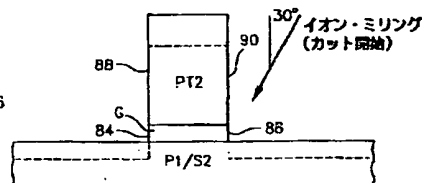
【図12】



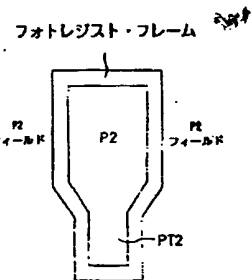
【図16】



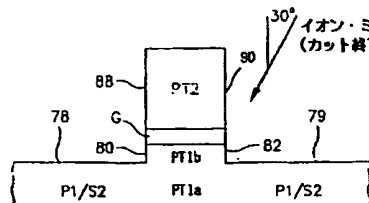
【図17】



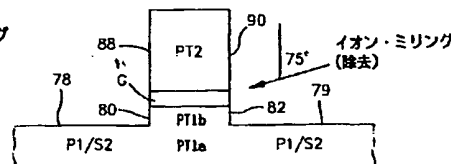
【図24】



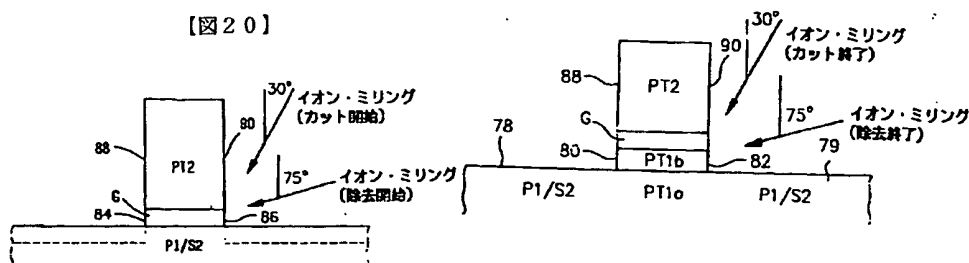
【図18】



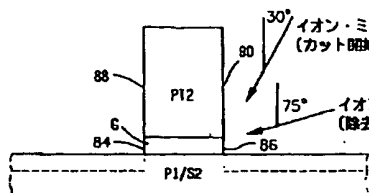
【図19】



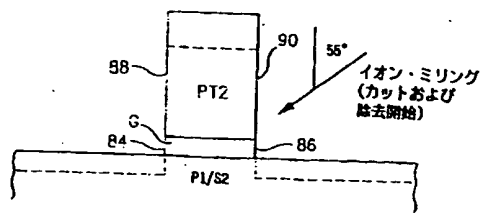
【図21】



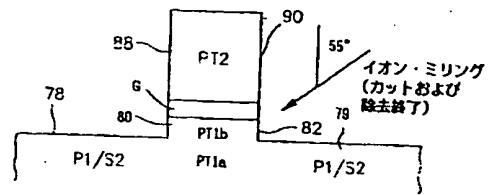
【図20】



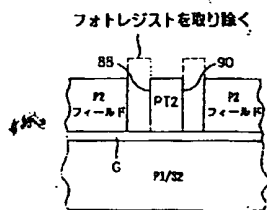
【図 22】



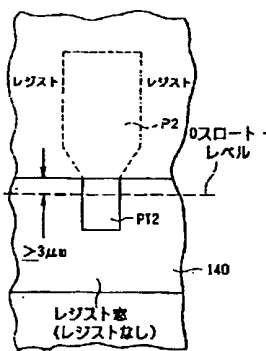
【図 23】



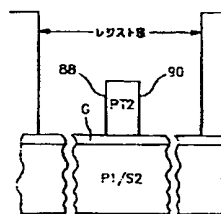
【図 25】



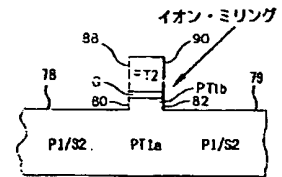
【図 26】



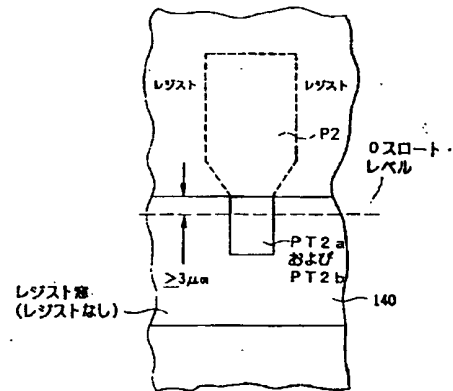
【図 27】



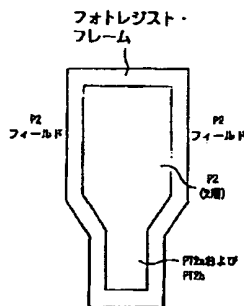
【図 28】



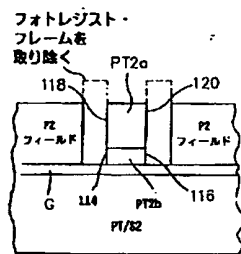
【図 31】



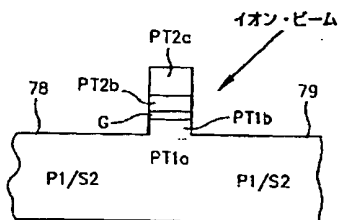
【図 29】



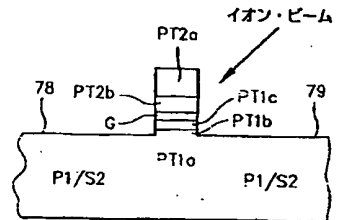
【図 30】



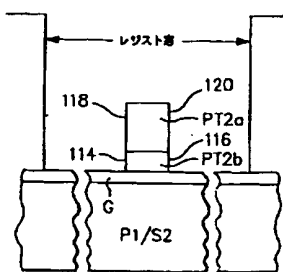
【図 33】



【図 34】



【図 32】



フロントページの続き

(72) 発明者 ジー＝シュエイ・ジェリー・ロー  
アメリカ合衆国95120 カリフォルニア州  
サンノゼ ヌーンウッド・コート 7018

(72) 発明者 チン・ホワ・ツァン  
アメリカ合衆国94087 カリフォルニア州  
サニーベール ヘレナ・ドライブ 882  
(72) 発明者 ロバート・エム・ヴァレッタ  
アメリカ合衆国95621 カリフォルニア州  
シトラス・ハイツ ランチョ・ミラージ  
ユ・コート 7017



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-262519

(43)Date of publication of application : 13.10.1995

(51)Int.Cl.

G11B 5/31  
G11B 5/39

(21)Application number : 06-325467

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH  
CORP <IBM>

(22)Date of filing : 27.12.1994

(72)Inventor : KROUNBI MOHAMAD T  
LO JYH-SHUEY J  
TSANG CHING H  
VALLETTA ROBERT M

(30)Priority

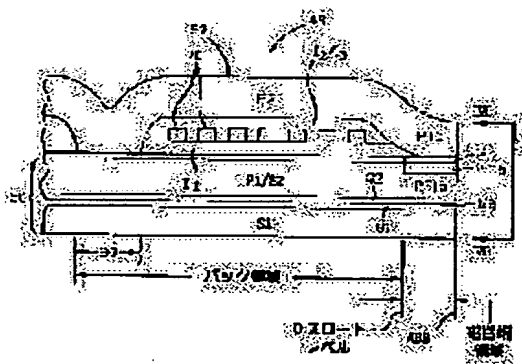
Priority number : 94 208398 Priority date : 09.03.1994 Priority country : US

## (54) MR COMPOUND HEAD AND PRODUCTION OF THE SAME

(57)Abstract:

PURPOSE: To vertically align the side wall of a magnetic pole terminal layer with the side wall of an top magnetic pole terminal element by providing a magnetic pole terminal vertically aligned for minimizing side writing.

CONSTITUTION: A write head 52 is provided with a magnetic pole terminal area placed between an air bearing surface ABS and a '0' throat level and a yoke area or a back area which is extended backward from the '0' throat level to a back gap and includes the back gap. Then, the head 52 is provided with a bottom pole element P1 and a top pole element P2, and the bottom pole element P1 consists of a 2nd shield layer S2 of an MR read head 50. The bottom pole element P1 and top pole element P2 respectively have back layer parts placed in the back area and the back layer parts of the pole elements are magnetically coupled at the back gap BG. The bottom pole element P1 is provided with magnetic pole terminal structure placed in a magnetic pole terminal area between the ABS and the '0' throat level. The MR compound head vertically aligning the side wall of a magnetic pole terminal layer PT1b with the side wall of a top magnetic pole terminal element PT2 can be provided.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.12.1994

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 14.09.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3045941

[Date of registration] 17.03.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 11-18230

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 15.11.1999

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

[Claim(s)]

[Claim 1] Said bottom pole piece P1 has bottom pole tip element PT1a and top pole tip element PT1b including the write head which has the bottom pole piece P1 and the apical pole piece P2. It is characterized by said apical pole piece P2 having the pole tip element PT 2, and MR read head which has the 2nd shielding layer S2 containing said bottom pole piece and its pole tip element PT1a is included. Said top pole tip element PT1b is characterized by forming a pedestal about the 2nd shielding layer S2. Said top pole tip element PT1b and said pole tip element PT 2, respectively It has the 1st and 2nd side attachment walls. Said top pole tip element PT1b and each 1st side attachment wall of PT2 It is in the 1st vertical plane in common. Each 2nd side attachment wall of said top pole tip element PT1b and said pole tip element PT 2 MR combined head to which it is characterized by being in the 2nd vertical plane in common, and said 1st and 2nd vertical planes are characterized by isolating mutually only the distance w showing the write head width of recording track, and placing it in an air bearing side (ABS).

[Claim 2] The magnetic-disk driving gear containing MR combined head according to claim 1 including the support means which contains the slider for supporting MR combined head in a conversion relation about a magnetic disk when rotating with housing, the means for rotating a magnetic disk attached in housing, and a means for a magnetic disk to rotate and which was attached in housing.

[Claim 3] MR combined head according to claim 1 to which said 2nd shielding layer S2 is characterized by including said top pole tip element PT1b in addition to said bottom pole tip element PT1a.

[Claim 4] MR combined head according to claim 1 characterized by for this gap layer G having the 1st and 2nd side attachment walls, placing the 1st side attachment wall of said gap layer G into said 1st vertical plane including the gap layer G placed between said top pole tip element PT1b and said pole tip element PT 2, and placing the 2nd side attachment wall of said gap layer G into said 2nd vertical plane.

[Claim 5] MR combined head according to claim 1 characterized by said pole tip element PT 2 being a monolayer.

[Claim 6] MR combined head according to claim 1 to which said pole tip element PT 2 is characterized by being the separate layer of said pole tip element PT2a and PT2b including pole tip element PT2a and PT2b, respectively.

[Claim 7] Said MR read head adds to said 2nd shielding layer S2. The 1st shielding layer S1, MR combined head according to claim 1 characterized by including MR component pinched between the 1st gap layer G1 and the 2nd gap layer G2 which were pinched between this 1st shielding layer S1 and said 2nd shielding layer S2, and said 1st gap layer G1 and said 2nd gap layer G2.

[Claim 8] MR combined head according to claim 1 characterized by the distance between said 1st vertical plane and said 2nd vertical plane being less than 5 micrometers.

[Claim 9] MR combined head according to claim 1 to which the die length of the gap G in said ABS is g, and the die length of said top pole tip element PT1b in said ABS is characterized by being in within the limits from 0.5g to 3.0g.

[Claim 10] MR combined head according to claim 9 to which said 2nd shielding layer S2 is characterized by including said top pole tip element PT1b in addition to said bottom pole tip element PT1a.

[Claim 11] The magnetic-disk driving gear containing MR combined head according to claim 10 including the support means which contains the slider for supporting MR combined head in a conversion relation about a magnetic disk when rotating with housing, the means for rotating a magnetic disk attached in housing, and a means for a magnetic disk to rotate and which was attached in housing.

[Claim 12] MR combined head according to claim 10 by which this gap layer G has the 1st and 2nd side attachment walls, the 1st side attachment wall of said gap layer G is placed into said 1st vertical plane including the gap layer G placed between said top pole tip element PT1b and said pole tip element PT 2, and the 2nd side attachment wall of said gap layer G is placed into said 2nd vertical plane.

[Claim 13] Said MR read head adds to said 2nd shielding layer S2. The 1st shielding layer S1, MR combined head according to claim 12 characterized by including MR component pinched between the 1st gap layer G1 and the 2nd gap layer G2 which were pinched between this 1st shielding layer S1 and said 2nd shielding layer S2, and said 1st gap layer G1 and said 2nd gap layer G2.

[Claim 14] MR combined head according to claim 13 to which die-length g of said gap G is in within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers, and the die length of the pole tip element in said ABS is characterized by being 2.0g substantially.

[Claim 15] MR combined head according to claim 14 characterized by said pole tip element PT 2 being a monolayer.

[Claim 16] MR combined head according to claim 14 to which said pole tip element PT 2 is characterized by being the separate layer of said pole tip element PT2a and PT2b including pole tip element PT2a and PT2b, respectively.

[Claim 17] The write head which has the bottom pole piece P1 and the apical pole piece P2 is included. Said bottom pole piece P1 It has bottom pole tip element PT1a and top pole tip element PT1b. Said apical pole piece P2 It is characterized by having the pole tip element PT 2 and said bottom pole tip element PT1a having width of face larger than the width of face of said top pole tip element PT1b. MR read head which has the 2nd shielding layer S2 containing said bottom pole piece containing said bottom pole tip element PT1a is included. Said top pole tip element PT1b is characterized by being a pedestal about said 2nd shielding layer S2. Said top pole tip element PT1b has a top thin film side, the 1st side attachment wall, the 2nd side attachment wall, and a front wall. A front wall forms a part of air bearing side (ABS). A top thin film side It is characterized by being surrounded with a front wall, the 1st side attachment wall, and the 2nd side attachment wall. Said pole tip element PT 2 It has a top thin film side, a bottom thin film side, a front wall, the 1st side attachment wall, and the 2nd side attachment wall. A front wall A part of ABS is formed and a top thin film side and a bottom thin film side are characterized by being surrounded with a front wall, the 1st side attachment wall, and the 2nd side attachment wall. Be caught between the top thin film side of said top pole tip element PT1b, and the bottom thin film side of said pole tip element PT 2. Have a top thin film side, a bottom thin film side, and a front wall, and a front wall forms said a part of ABS. A top thin film side and a bottom thin film side are surrounded with a front wall, the 1st side attachment wall, and the 2nd side attachment wall. The gap layer G is included. Each 1st side attachment wall of said top pole tip element PT1b, said gap layer G, and said pole tip element PT 2 It is continuing in the 1st vertical plane. Each 2nd side attachment wall of said top pole tip element PT1b, said gap layer G, and said pole tip element PT 2 MR combined head which is characterized by continuing in the 2nd vertical plane, and is characterized by only the distance w of said 1st vertical plane and said 2nd vertical plane which it is vertical and is the width of recording track of said write head in the location of said ABS being mutually separated to said ABS, respectively.

[Claim 18] Said bottom pole tip element PT1a and said top pole tip element PT1b, respectively Are a separate magnetic layer and said pole tip element PT 2 contains top pole tip element PT2a and bottom pole tip element PT2b. MR combined head according to claim 17 to which the ingredient of said top pole tip element PT1b and said bottom pole tip element PT2b is characterized by having the saturation of the moment higher than the ingredient of said bottom pole tip element PT1a and said top pole tip element PT2a.

[Claim 19] MR combined head according to claim 17 characterized by for the die length of the gap G in said ABS being g, and the die length of said top pole tip element PT1b in said ABS

being 2.0g substantially.

[Claim 20] MR combined head according to claim 19 to which die-length  $g$  of said gap  $G$  is characterized by being in within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers.

[Claim 21] MR combined head according to claim 20 to which said 2nd shielding layer  $S2$  is characterized by including said top pole tip element  $PT1b$  in addition to said bottom pole tip element  $PT1a$ .

[Claim 22] Said MR read head adds to said 2nd shielding layer  $S2$ . The 1st shielding layer  $S1$ , MR combined head according to claim 21 characterized by including MR component pinched between the 1st gap layer  $G1$  and the 2nd gap layer  $G2$  which were pinched between this 1st shielding layer  $S1$  and said 2nd shielding layer  $S2$ , and said 1st gap layer  $G1$  and said 2nd gap layer  $G2$ .

[Claim 23] The magnetic-disk driving gear containing MR combined head according to claim 22 including the support means which contains the slider for supporting MR combined head in a conversion relation about a magnetic disk when rotating with housing, the means for rotating a magnetic disk attached in housing, and a means for a magnetic disk to rotate and which was attached in housing.

[Claim 24] MR combined head according to claim 22 to which said pole tip element  $PT\ 2$  is characterized by being the separate layer of said pole tip element  $PT2a$  and  $PT2b$  including pole tip element  $PT2a$  and  $PT2b$ , respectively.

[Claim 25] Pole tip element  $PT1a$  in which pole tip element  $PT1b$  and each of  $PT2$  have the 1st side attachment wall and the 2nd side attachment wall,  $PT1b$ , and  $PT2$ , MR read head containing the 2nd shielding layer  $S2$  containing said pole tip element  $PT1a$  is included. Said pole tip element  $PT1b$  is characterized by being a pedestal about said 2nd shielding layer  $S2$ . Said pole tip element  $PT1b$  and each 1st side attachment wall of  $PT2$  are aligned in the 1st vertical plane. Said pole tip element  $PT1b$  and each 2nd side attachment wall of  $PT2$  are characterized by aligning in the 2nd vertical plane. Said 1st and 2nd vertical planes by ABS MR combined head characterized by isolating mutually only the distance  $w$  which demarcates the width of recording track of MR combined head, and placing it.

[Claim 26] said 2nd shielding layer  $S2$  — said pole tip element  $PT1a$  — in addition, MR combined head according to claim 25 characterized by said pole tip element  $PT\ 2$  being a monolayer including said pole tip element  $PT1b$ .

[Claim 27] MR combined head according to claim 26 characterized by for the die length of the gap  $G$  in said ABS being  $g$ , for die-length  $g$  of this gap  $G$  being in within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers, and the die length of said pole tip element  $PT1b$  in said ABS being in within the limits from 0.5g to 3.0g.

[Claim 28] The bottom pole piece  $P1$  which has the pole tip part which is not demarcated [ which is prolonged between an air bearing side (ABS) and 0 throat level ], is prolonged from said ABS to a back gap, and contains this back gap, The step which deposits at least one magnetic layer in order to form the 2nd shielding layer  $S2$  of an MR head, The apical pole piece  $P2$  formed with the demarcated pole tip element  $PT\ 2$  which is prolonged between said ABS and said 0 throat level, and has the 1st and 2nd vertical side attachment walls Said back gap is included. From said ABS to said back gap The step which deposits another magnetic layer in order to form on said bottom pole piece  $P1$ , Pole tip element  $PT1b$  which has the 1st and 2nd vertical side attachment walls which are a pedestal and are aligned to said 1st [ the ] of said pole tip element  $PT\ 2$ , and the 2nd vertical side attachment wall about said bottom pole piece  $P1$ , respectively, Since said bottom pole piece  $P1$  is vertically cut on each side face of said pole tip element  $PT\ 2$  in order to form the bottom pole piece  $P1$  in pole tip element  $PT1a$ , and it lacks, As opposed to the side attachment wall of said pole tip element  $PT\ 2$  which used said demarcated pole tip element  $PT\ 2$  as a mask, and was demarcated at an include angle  $\theta$  How to manufacture MR combined head which has the crowning and pars basilaris ossis occipitalis containing the step which turns at least one ion beam to the pole tip part said whose bottom pole piece  $P1$  is not demarcated which are selectively surrounded by the air bearing side (ABS).

[Claim 29] The step which deposits a photoresist mask on said apical pole piece  $P2$  before the step which turns at least one ion beam to the pole tip part said whose bottom pole piece  $P1$  is not demarcated, So that it can work as a mask for the step which turns at least one ion beam to the pole tip part said whose demarcated pole tip element  $PT\ 2$  is not demarcated [ of said

bottom pole piece P1 ] The approach containing said demarcated pole tip element PT 2 and the step which prepares opening which exposes the area on each of that side face in said photoresist mask according to claim 28.

[Claim 30] The step which deposits the gap layer G on said at least one magnetic layer before the step which deposits said another magnetic layer since the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated is covered is included. Before the step which turns said at least one ion beam turns an ion beam to the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated It is characterized by including the step which turns an ion beam to the gap layer G. The approach according to claim 28 that the step which turns said at least one ion beam is characterized by preparing the pole tip element PT1b, 1st [ of PT2 ], and 2nd vertical side-attachment-walls, 1st [ which are aligned, respectively ], and 2nd vertical side attachment walls in said gap layer G.

[Claim 31] The step which deposits the gap layer G on said at least one magnetic layer before the step which deposits said another magnetic layer since the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated is covered is included. The step which deposits said gap layer G is characterized by bringing about the gap layer which has thickness g of within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers by ABS. The approach according to claim 28 that the die length of said pole tip element PT1b in said ABS is characterized by being 2.0g substantially.

[Claim 32] The approach according to claim 28 that the step which turns said at least one ion beam is characterized by consisting of turning a single ion beam at the single include angle theta.

[Claim 33] The approach according to claim 28 characterized by for the 1st ion beam being the include angle theta within the limits of  $0 \text{ degree} < \theta < 60 \text{ degrees}$ , and the 2nd ion beam being the include angle theta within the limits of  $60 \text{ degrees} < \theta < 85 \text{ degrees}$  including the step to which the step which turns said at least one ion beam turns the 1st and 2nd ion beams.

[Claim 34] The approach according to claim 33 that said 1st ion beam is characterized by being the include angle theta within the limits of  $20 \text{ degrees} < \theta < 40 \text{ degrees}$ .

[Claim 35] The approach according to claim 34 characterized by for said 1st ion beam being 30 degrees in include angle theta substantially, and said 2nd ion beam being the include angle theta of 75 degrees substantially.

[Claim 36] The approach according to claim 28 characterized by including the step which deposits the pole tip layer PT 2 which has the additional thickness whose step on which the step which turns said at least one ion beam decreases the thickness of the pole tip layer PT 2, and deposits said pole tip element PT 2 is reduction of the thickness of said pole tip element PT 2 caused by the step which turns said at least one ion beam.

[Claim 37] The approach containing the step which leaves the aperture in which said demarcated pole tip element PT 2 and the area on each of that side face are exposed in the mask between said ABS and O throat level, and deposits a mask between O throat level and a back gap substantially on said apical pole piece P two-layer before the step which turns said at least one ion beam according to claim 36.

[Claim 38] The approach according to claim 37 which the step which turns said at least one ion beam consists of turning a single ion beam at the single include angle theta, and is characterized by said include angle theta being within the limits of  $0 \text{ degree} < \theta < 60 \text{ degrees}$ .

[Claim 39] The approach according to claim 37 characterized by for the 1st ion beam being the include angle theta within the limits of  $20 \text{ degrees} < \theta < 40 \text{ degrees}$ , and the 2nd ion beam being the include angle theta within the limits of  $65 \text{ degrees} < \theta < 85 \text{ degrees}$  including the step to which the step which turns said at least one ion beam turns the 1st and 2nd ion beams.

[Claim 40] The approach according to claim 39 characterized by for said 1st ion beam being 30 degrees in include angle theta substantially, and said 2nd ion beam being the include angle theta of 75 degrees substantially.

[Claim 41] The step which deposits the gap layer G on said at least one magnetic layer before the step which deposits said another magnetic layer since the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated is covered is included. The approach according to claim 40 that the step which deposits this gap layer G is characterized by bringing about the layer thickness which brings die-length g in said ABS to a gap G, and the die length of pole tip element PT1b in

said ABS is characterized by being 2.0g substantially.

[Claim 42] The approach according to claim 41 that said 1st and 2nd ion beams are characterized by being turned simultaneously.

[Claim 43] The approach according to claim 41 that said 1st and 2nd ion beams are characterized by being turned one by one.

[Claim 44] The step at which the step which turns said at least one ion beam places said bottom pole piece P1 which deposited many layers on it into an ion beam milling chamber, The approach according to claim 43 characterized by including the step which rotates many layers deposited said bottom pole piece P1 and on it at a fixed rotational frequency while having turned the ion beam to many layers deposited said bottom pole piece P1 and on it.

[Claim 45] The step which deposits said gap layer G contains in said gap layer G the step which brings about die-length g of within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers. The step on which the step which deposits said another magnetic layer deposits said pole tip element PT 2 which has the layer thickness of about 7 micrometers is included. So that the step which turns said at least one ion beam may become the depth each notching of whose is about 0.7 micrometers and said pedestal may have height of about 0.7 micrometers The approach according to claim 44 that the step which turns said at least one ion beam to said bottom pole piece P1 including the step which prepares notching is characterized by decreasing the thickness of said pole tip element PT 2 by about 2 micrometers.

[Claim 46] In the approach of manufacturing MR combined head containing MR read head and the write head this MR read head — the 1st and the 2nd shielding layer S1 and S2 — this — the 1st inserted between the 1st and 2nd shielding layers S1 and S2, and the 2nd gap layer G1 and G2 — and It has MR component pinched between the 1st and 2nd gap layers G1 and G2. this — Said write head is prolonged from an air bearing side (ABS) to a back gap. The bottom pole piece P1 and the apical pole piece P2 containing this back gap are included. This bottom pole piece P1 constitute the 2nd shielding layer S2 and it has pole tip element PT1a and PT1b to which said bottom pole piece P1 extends between said ABS and 0 throat level. Said apical pole piece P2 has the pole tip element PT 2 prolonged between said ABS and said 0 throat level. Said pole tip element PT1b is a pedestal about said 2nd shielding layer S2, said bottom pole piece P1, and said pole tip element PT1a. Said 2nd shielding layer S2 contains said pole tip element PT1a and PT1b. The gap layer G should be caught between said pole tip element PT1a and PT2. Said pole tip element PT 2, said gap layer G, and said pole tip element PT1b, respectively It has the 1st and 2nd vertical side attachment walls. Said pole tip element PT 2, said gap layer G, and the 1st perpendicular side attachment wall of said pole tip element PT1b It is continuing in the 1st vertical plane. Said pole tip element PT 2, said gap layer G, and the 2nd perpendicular side attachment wall of said pole tip element PT1b Are continuing in the 2nd vertical plane and said 1st and 2nd vertical planes are vertical to said ABS. the distance w which demarcates the width of recording track of MR combined head — ABS — mutual — being isolated — \*\*\*\* — (1) — with said 2nd shielding layer S2 of said MR read head (2) in order to form said bottom pole piece P1 which has the pole tip part it is not demarcated between [ whose ] said ABS and 0 throat level, and a back part between said 0 throat level and back gaps Said back gap is included. From said ABS to said back gap From the step which deposits the 1st magnetic layer, and said ABS to said 0 throat level In order to form said apical pole piece P2 which has said demarcated pole tip element PT 2 which has the step which deposits the gap layer G on said 1st magnetic layer, and said 1st and 2nd vertical side attachment walls, The step which deposits the 2nd magnetic layer on said gap layer G on said 1st magnetic layer, Use said pole tip element PT 2 for said 1st magnetic layer as a mask for preparing notching on each side face of said pole tip element PT 2, and by said 1st magnetic layer in an area with the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated It is substantially parallel to said ABS, and the step which turns at least one ion beam in the include-angle theta direction to the 1st and 2nd side attachment walls of said pole tip element PT 2 is included. By said notching Said 1st magnetic layer which has a vertical pedestal is left behind. Said vertical pedestal Are said pole tip element PT1b, and the 1st and 2nd vertical side attachment walls are brought to said pole tip element PT1b. The magnetic layer except said pedestal between said ABS and said 0 throat level Said pole tip element PT1a is included. Said pole tip element PT1b and the 1st

perpendicular side attachment wall of PT2 It aligns in the 1st vertical plane. Said pole tip PT1b and the 2nd side attachment wall of PT2 Said approach characterized by being mutually isolated by said ABS in order that it aligns in the 2nd vertical plane, and said 1st and 2nd vertical planes may be vertical and may demarcate width-of-recording-track  $w$  of MR combined head to said ABS.

[Claim 47] The step which turns said at least one ion beam contains the step which turns an ion beam to said gap layer G before turning an ion beam to a non-demarcated pole tip part. The approach according to claim 46 that the step which turns said at least one ion beam is characterized by bringing the 1st and 2nd side attachment walls aligned by said pole tip element PT1b, the 1st of PT2, and the 2nd vertical side attachment wall, respectively to said gap layer G.

[Claim 48] The approach according to claim 46 characterized by for said 1st ion beam being the include angle  $\theta$  within the limits of  $20 \text{ degrees} < \theta < 40 \text{ degrees}$ , and said 2nd ion beam being the include angle  $\theta$  within the limits of  $65 \text{ degrees} < \theta < 85 \text{ degrees}$  including the step to which the step which turns said at least one ion beam turns the 1st and 2nd ion beams.

[Claim 49] The step which turns said 1st and 2nd ion beams decreases the thickness of said pole tip element PT 2. The step which deposits a magnetic layer in order to form said pole tip element PT 2 It is characterized by including the step which deposits said pole tip element PT 2 which has the additional thickness which is reduction of the thickness of said pole tip element PT 2 caused by the step which turns said at least one ion beam. It leaves the aperture which exposes the area on said demarcated pole tip element PT 2 and each of its side face before the step which turns said 1st and 2nd ion beams in the mask between said ABS and said O throat level. The approach containing the step which deposits a mask between said O throat level and back gaps substantially on said apical pole piece P2 according to claim 48.

[Claim 50] The approach according to claim 49 that the step which deposits said gap layer G is characterized by bringing about the layer thickness which brings die-length  $g$  in said ABS to said gap G, and the die length of said pole tip element PT1b in said ABS is characterized by being in within the limits from 0.5g to 3.0g.

[Claim 51] The approach according to claim 50 characterized by for said 1st ion beam being about 30 degrees in include angle  $\theta$ , and said 2nd ion beam being the include angle  $\theta$  of about 75 degrees.

[Claim 52] The step on which the step which deposits said gap layer G deposits the gap layer G which has thickness  $g$  of within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers is included. The step on which the step which deposits said pole tip element PT 2 deposits said pole tip element PT 2 which has the layer thickness of about 7 micrometers is included. Notching which has the depth whose step which turns said 1st and 2nd ion beams is a depth of about 0.7 micrometers is prepared in said 1st magnetic layer. By this The approach according to claim 51 that the step which turns said 1st and 2nd ion beams is characterized by decreasing the layer thickness of said pole tip element PT 2 by about 2 micrometers including the step which prepares the pedestal which has height of about 0.7 micrometers.

[Claim 53] The step at which the step which turns said 1st and 2nd ion beams places the 1st magnetic layer which deposited many layers on it into an ion beam milling chamber, The approach according to claim 52 characterized by including the step which rotates many layers deposited said 1st magnetic layer and on it at a fixed rotational frequency while having turned the ion beam to many layers deposited said 1st magnetic layer and on it.

[Claim 54] The approach according to claim 53 that said 1st and 2nd ion beams are characterized by being turned simultaneously.

[Claim 55] The approach according to claim 53 that said 1st and 2nd ion beams are characterized by being turned one by one.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the thin film merge magnetic-reluctance (MR) head which has the aligned pole tip, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In a magnetic-disk driving gear, data are written by the thin film magnetic transducer which is supported on the front face of the disk which rotates at high speed and which is called a "head." A head is supported with the thin cushion ("air bearing") of air made by high-speed revolution of a disk.

[0003] Since the thin film MAG write head brings about high surface density, it is desirable, and since resolution is high, the thin film MAG read head is desirable. The thin film magnetic head is also easy to manufacture. It can cut fine and divide into each head, after manufacturing a head collectively on a ceramic substrate using various thin-film-fabrication techniques (dice).

[0004] The bottom pole piece P1 and the apical pole piece P2 which are formed from the thin film ("layer") of a magnetic material are contained in the thin film write head. These pole pieces have the pole tip height dimension generally called "throat height (throat height)." In the completed write head, it is measured between the air bearing side ("ABS") formed when throat height polishes the head of a pole piece, and 0 throat height level ("0 Throat level") which the bottom pole piece P1 and the apical pole piece P2 converge on a magnetic-recording gap. The pole tip field placed between ABS and 0 throat level is included also in the thin film MAG write head, further, it extends in back from 0 throat level, and the back area containing a back gap is included. Each of a pole piece has a pole tip part to a pole tip field, and has a back part to a back field. The pole piece of each other is connected about a back gap.

[0005] The pole tip is extension of the bottom pole piece P1 of the write head, and the apical pole piece P2. Each of the bottom pole piece P1 and the apical pole piece P2 changes to the pole tip in a pole tip field. The pole tip is separated by the gap layer (G) which is a film of an insulating material. The pole tip of the apical pole piece P2 is the element of the last which guides magnetic flux to a magnetic medium. Therefore, the width of face is more important than the width of face of the pole tip of the bottom pole piece P1. However, in order to make the magnetic-flux leakage between the pole tips into min so that it may explain to a detail in the bottom, it is important that the pole tip has the same width of face.

[0006] In order to raise the amount ("surface density") of the data memorized by per unit surface area of a disk, it is required for the write head to write in many data with the narrower track on the front face of a disk. Therefore, the improvement in surface density is possible by reducing the gap length between the pole tips. The bit density in a track increases by reducing gap length. However, compaction of gap length is restricted by reduction of the magnetic-flux reinforcement between the pole tips (flux intensity). The improvement in surface density is possible also by increasing the number of the data tracks which the write head records on a disk. The parameter expression relevant to this is "it being an inch the whole track" or "TPI." The TPI capacity of the write head is heightened by reducing the head dimension which determines the width of face of a data track. Usually, this dimension is called the "width of recording track" of a head.

[0007] The magnetic-reluctance (MR) element from which flux density is answered from the

rotating magnetic disk, and resistance changes is used for MR read head. The perception current which passes this magnetic-reluctance element changes in proportion to change of resistance of a magnetic-reluctance element. The response of a magnetic-reluctance element is due to whether change of the flux density resistance change of a magnetic-reluctance element is sensed from a magnetic medium to be it is followed good however. In a disk driving gear, in order to process the readback signal from the read head, a differential preamp is connected to a magnetic-reluctance element. A magnetic-reluctance element is the thin film layer pinched by the bottom gap (insulation) layer G1 and the top gap layer G2, and these are inserted into the 2nd shielding layer S2 which is the 1st shielding layer S1 and top shielding layer which are a bottom shielding layer. The distance between these shielding layers is called a read gap. As a read gap is narrow, the resolution of MR read head becomes higher.

[0008] MR compound (merged) head was brought about by advance of the latest technique. In MR combined head, it is used combining MR read head and the write head. This is attained by using the 2nd shielding layer S2 of an MR head as a bottom pole piece P1 of the write head. MR combined head has high capacity about either read or writing. In MR combined head, since the 2nd shielding layer S2 of MR read head works also as a bottom pole piece P1 of the write head and one manufacture step is skipped by this, a processing step is saved to the case where the read head and the write head are manufactured independently. Another advantage of MR combined head is being able to align many elements of the read head and the write head easily on a single suspension system for the read immediately after writing.

[0009] However, with current MR combined-head structure, a quite large side fringe magnetic field arises during record. This field is produced by the magnetic-flux leakage by the part beyond the field demarcated by P2 of the bottom pole piece P1 from the apical pole piece P2. This side fringe magnetic field restricts the minimum width of recording track which can be attained, therefore restricts the upper limit of track density. Consequently, when reading the track written in with the record element of MR combined head with MR element, the "off-track" engine performance of MR element becomes inferior. That is, when MR element moves to a longitudinal direction from the core of the track in read, the interference from the field of an adjoining track begins to interfere with the field of the track in read only by the MR element moving for a while.

[0010] With an induction head, the side attachment wall of the bottom pole tip element PT 1 and the top pole tip element PT 2 is substantially aligned vertically by the ion beam milling through an up-and-down pole piece, and is substantially restricted to equal width of face. However, an outward taper is somewhat attached toward the bottom pole tip element PT 1 for shadowing caused with the top pole tip element PT 2 during this processing. Although the asymmetry of this taper brings about the effect which is not desirable as for some, the side attachment wall of the pole tip is aligned in general vertically so that the side fringe exceeding the edge of the gap between the pole tips may be prevented.

[0011] By this approach for manufacturing MR combined head, after depositing a gap layer on the 2nd shielding layer S2, the top pole tip element PT 2 is deposited on a gap layer. The top pole tip element PT 2 can be demarcated by either photoresist frame plating or ion beam milling. The width of face of the top pole tip element PT 2 is kept narrow at about 5 micrometers, in order to restrict the width of face of the track written in. However, the 2nd shielding layer S2 of this MR read head has very large width of face of about 50 micrometers, in order to shield MR element in the read head. The side fringe magnetic-flux field between the pole tip elements with which a difference of this width of face is horizontally prolonged exceeding the width of face of the top pole tip element PT 2 is brought about. This is caused by the width of face of the 2nd shielding layer S2 which brings about the big horizontal channel for the line of magnetic flux from the top pole tip element PT 2. As for the 2nd shielding layer S2 containing the bottom pole tip element PT 1, it must be desirable to have the side attachment wall aligned by the side attachment wall of the top pole tip element PT 2. However, since the 2nd shielding layer S2 needs to be broad in order to protect MR element, this is impossible. For this reason, it seems that the off-track engine-performance problem of MR combined head is not improvable.

[0012] It is that one of the solutions to the side fringe problem of MR combined head makes narrow pole tip layer PT1b, and it gives a play as pole tip element PT1a of a broad bottom by S two-layer on the 2nd shielding layer S2. Both these pole tips are the pole tip parts of the bottom

pole piece P1, and pole tip layer PT1b forms a pedestal (pedestal) on pole tip element PT1a. Then, a gap layer is formed on pole tip layer PT1b, and the top pole tip element PT 2 of the apical pole piece P2 is formed on the gap layer. This pole tip arrangement can mask the yoke area of whether frame plating of each of pole tip layer PT1b and the top pole tip element PT 2 is carried out using (1) photoresist masking technique, and (2) apical-pole piece P2, and can constitute it by either of whether ion beam milling is performed through both the top pole tip element PT 2, pole tip layer PT1b, and the gap layer between them. It is extremely difficult to align the top pole tip element PT 2 and the side attachment wall of pole tip layer PT1b in frame plating processing. This is because it is galvanized at the different process of the pole tip, respectively, consequently a location gap of a photoresist mask arises. In the case of ion beam milling, while the redeposition of milling waste processes, it accumulates on PT2, and shadowing of pole tip layer PT1b under it is caused. Although this shadowing is a phenomenon produced also in case the induction head described in the top is manufactured, it brings about the outward taper configuration of lower pole tip layer PT1b. Shadowing is horizontally prolonged from the lower pole tip, and brings about the magnetic path of a side fringe magnetic field. By turning not straight facing down but an ion beam to a certain include angle to a side attachment wall, waste was removed and the attempt which aligns the side attachment wall of these pole tips vertically has been made. Trashy [ some ] are excised by this. However, since accumulated waste is dramatically thick, a vertical side attachment wall cannot be acquired by this processing.

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The object of this invention is offering the thin film magnetic head which has the pole tip aligned vertically, in order to minimize a side lighting (sidewriting).

[0014] Another object of this invention is offering the thin film MR combined head by which the off-track engine performance's was improved.

[0015] Another object of this invention is offering MR combined head which has the 2nd shielding layer S2 which works as shielding of the magnetic-reluctance element in it, and works also as the pole tip of the write head which has the good off-track engine performance.

[0016] Another object of this invention has the pedestal of height with the small 2nd shielding layer S2. It is characterized by for this pedestal working as pole tip layer PT1b, and the S two-layer under it working as pole tip element PT1a of the bottom pole piece P1 of the write head. The side attachment wall of pole tip layer PT1b is offering MR combined head characterized by aligning at right angles to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2.

[0017] Other objects and advantages will become clear if an example is taken in the following explanation of this invention.

[0018]

[Means for Solving the Problem] The side fringe problem of MR combined head of the conventional technique was solved by discovery of two original steps in processing of MR combined-head manufacture. I hear that the 1st discovery can make the die length (pedestal part about S2 / PT1a pole tip) of pole tip layer PT1b shorter than what was considered before, and there is. When pedestal pole tip layer PT1b which has one 0.5 times thru/or 2.5 times the die length of die-length g of the gap layer G of this was used and the side attachment wall of pedestal pole tip layer PT1b was aligned at right angles to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2, it was observed that a side fringe magnetic field decreases substantially. Vertical-position doubling was attained by the 2nd discovery containing two steps. The 1st step is carrying out frame plating of the top pole tip element PT 2 on the gap layer which has desired width of face. Since it is reduced by the following processing step, thickness of this layer can be made thicker than desired final thickness. For example, when asking for the last thickness of 5 micrometers, 2 micrometers of an addition can be added and it can consider as the thickness of a total of 7 micrometers. The top pole tip element PT 2 which has the thickness of 7 micrometers and has a vertical side attachment wall can be constituted using photoresist frame plating processing. The following step is using the top pole tip element PT 2 as a mask, turning an ion beam to the magnetic layer under the top pole tip element PT 2 at a certain include angle to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2, and forming notching and pedestal pole tip layer PT1b for the magnetic layer under PT2 of each side face of a side attachment wall.

If a proper include angle is used, the surprising result that the side attachment wall of pedestal pole tip layer PT1b is aligned at right angles to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2 will be obtained. Since the die length of pedestal pole tip layer PT1b can be shortened dramatically, in order to decrease magnetic-flux leakage appropriately, pedestal pole tip layer PT1b can be directly milled in the 2nd shielding layer S2. In order to form a pedestal on the 2nd shielding layer S2, it becomes unnecessary to deposit a layer on it by this. Although typical gap length is 0.3 micrometers, the die length of pedestal pole tip layer PT1b of about 0.6 micrometers is brought about by this. The notch of the 2nd shielding layer S2 by the ion beam milling for obtaining pedestal pole tip layer PT1b does not influence the capacity which shields a magnetic-reluctance element. By turning an ion beam to a certain include angle to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2, this ion beam removes redeposition to a cut and coincidence. It turns out that a satisfactory result is obtained at the include angle of 55 degrees. however -- still better milling processing -- sequence -- or two ion beams are used by either of the \*\*\*\*\*. It turns out that the 1st beam turned to 30 degrees performs partial clearance of a cut and redeposition, the 2nd 75-degree beam removes all the remaining redeposition, and the top pole tip element PT 2 and the side attachment wall vertically aligned between pedestal pole tip layer PT1b are brought about. Instead, a magnetic layer can be placed on the 2nd shielding layer S2, and this can be cut and lacked by the step explained about the 2nd discovery. However, unless it is the case where it asks for a different ingredient, the processing step of an unnecessary addition is needed for this. Instead, before demarcating pedestal pole tip layer PT1b under a gap layer, a gap layer is milled by the ion beam, or can be demarcated by chemical etching. These two discovery is used for an important thing, and the width of recording track of less than 2 micrometers can be attained. On the other hand, the induction head which has the width of recording track of less than 3 micrometers does not exist.

[0019]

[Example] Although a drawing is referred to here, the same sign shows resemblance or the same components through the same drawing all over drawing. The magnetic-disk driving gear 40 which contains the rotating magnetic disk 42 in drawing 1 is shown. A magnetic disk 42 rotates by the motor 44 which answers a control signal from the source of driving gear control (not shown). When a magnetic disk 42 rotates, the thin film MR combined head (MR combined head is called hereafter) 46 attached in the slider 48 is supported by the film of the air called an "air bearing" on the front face of a magnetic disk 42. The MR read head 50 and the write head 52 are contained in the MR combined head 46. The base of a slider 48 and the MR combined head 46 is in the flat surface of the air bearing side (ABS is called hereafter) 54 of a slider. While the magnetic disk is rotating, only the distance  $d$  which is the floatation height of the MR combined head 46 is isolating ABS54 from the front face of a magnetic disk 42. A slider 48 is connected to the head suspension assembly 56 including the means for telling a reading signal between the driving gear electronic circuitry 58 and a head. Many above-mentioned components of a driving gear are attached in the driving gear housing 59.

[0020] The relation of operation to the truck 62 of the rotating magnetic disk shows the pole tip element of the write head 52 to the sign 60 of drawing 2 roughly. The magnetic-flux reversal showing the information recorded on the truck by the write head is roughly shown in a sign 64. The number of the magnetic-flux reversal of the die length of a truck per inch is the linear density of the read head, or the scale of bit density. When shortening the gap length of the write head, bit density increases. Another important scale is TPI of the write head of a sign 60. TPI becomes larger as the width of face of the pole tip element of the write head is narrow. Bit density and the surface density of the product of TPI to the write head are obtained. This is the scale of the amount of the information which can be written in per unit area of a magnetic disk.

[0021] Drawing 3 is the part drawing of the MR combined head 46 showing the MR read head 50 and the write head 52. The MR combined head 46 is attached in a slider 48.

[0022] The magnetic-reluctance element MR pinched between the bottom gap layer G1 and the top gap layer G2 is contained in the MR read head 50, and these gap layers are pinched between the 1st shielding layer S1 and the 2nd shielding layer S2 so that drawing 3 may show. In MR combined head, the 2nd shielding layer S2 of the MR read head 50 works also as a bottom pole

piece P1 of the write head 52 so that it may explain below at a detail.

[0023] An air bearing side (ABS), the pole tip field placed between 0 throat level, and the yoke field or back field which extends back from 0 throat level to a back gap, and contains a back gap is included in the write head 52 so that drawing 5 may show. The bottom pole piece P1 and the apical pole piece P2 are contained in the write head 52. The bottom pole piece P1 constitutes the 2nd shielding layer S2 of the MR read head 50. It has a part for the back layer of the bottom pole piece P1 and the apical pole piece P2 put on a back field, respectively, and a part for the back layer of a pole piece is magnetically combined about a back gap (BG). The pole tip structure put on the pole tip field between ABS and 0 throat level is included in the bottom pole piece P1. Lower pole tip element PT1a and upper pedestal pole tip layer PT1b are contained in this pole tip structure. The pole tip structure put on the pole tip field between ABS and 0 throat level is included in the apical pole piece P2. The pole tip element PT 2 is contained in this pole tip structure. Although pole tip element PT1a and pedestal pole tip layer PT1b are formed in an integral from the 2nd shielding layer S2 of the MR read head 50, they explain this to a detail later. A gap layer (G) is pinched between pedestal pole tip layer PT1b and the top pole tip element PT 2. The thickness (gap length) of a request of this layer is about 0.3 micrometers, and the linear density of the write head is optimized, without sacrificing magnetic-flux reinforcement of the write head by this. However, the gap length who can approve reaches the range from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers. The gap layer G can be extended to the back gap BG, or [ instead ] can be closed on 0 throat level.

[0024] The 1st insulating layer I1 is deposited on the gap layer G by suitable approaches, such as a photolithography. the 1st insulating-layer I1 top — suitable approaches, such as photoresist frame plating, — a coiled form — a conductor 70 is made to deposit a coiled form — on a conductor 70, the 2nd insulating layer I2 and the 3rd insulating layer I3 are deposited by suitable approaches, such as a photolithography.

[0025] The MR combined head 46 is called "a merge" because the bottom pole piece P1 and its pole tip constitute the 2nd shielding layer S2 of MR read head as shown in drawing 5 and drawing 6. It is that the processing step on which one of the descriptions of a merge head deposits the magnetic layer of an excess becomes unnecessary. However, the big width of face of the 2nd shielding layer S2 exceeding the both-sides side of the gap layer G spreads magnetic flux toward the 2nd shielding layer S2 exceeding the width of face of the top pole tip element PT 2 so that drawing 6 may show. This "side fringe (side-fringing)" magnetic flux may cause a side lighting, and this may reduce the off-track engine performance. This problem cut and lacked the 2nd shielding layer S2 in the both sides of the gap layer G, and the location of signs 78 and 79, and was conquered by bringing about the 2nd shielding layer S2 which has the pedestal which forms pedestal pole tip layer PT1b. Under pedestal pole tip layer PT1b, the area called pole tip element PT1a is. Pole tip element PT1a and pedestal pole tip layer PT1b are front extension of the bottom pole piece P1 which constitutes the 2nd shielding layer S2. The width of face of the 2nd shielding layer S2 is sufficient width of face to shield MR element of the MR read head 50 effectively. This width of face can be set to about 50 micrometers to the width of face of a pole tip element being 2 micrometers. Please care about that the notching 78 and 79 of the 2nd shielding layer S2 brings about pedestal pole tip layer PT1b which has the 1st vertical side attachment wall 80 and the 2nd vertical side attachment wall 82. Similarly, the gap layer G has the 1st vertical side attachment wall 84 and the 2nd vertical side attachment wall 86. The top pole tip element PT 2 on the gap layer G has the 1st vertical side attachment wall 88 and the 2nd vertical side attachment wall 90. The 1st side attachment wall 80 of pedestal pole tip layer PT1b, the 1st side attachment wall 84 of the gap layer G, and the 1st side attachment wall 88 of the top pole tip element PT 2 are continuing in the 1st vertical plane 100, and the 2nd side attachment wall 82, 86, and 90 is continuing in the 2nd vertical plane 102. The 1st vertical plane 100 and the 2nd vertical plane 102 are mutually placed at equal intervals by ABS, and form width-of-recording-track w of the write head 52 so that drawing 6 may show. The 1st vertical plane 100 and the 2nd vertical plane 102 are also vertical to ABS. As for the 1st vertical plane 100 and the 2nd vertical plane 102, it is desirable that they are regular intervals [ from ABS to / whole / 0 throat level ]. However, if wished, these can be made into an open rectangle from ABS. Vertical-position setting the side attachment wall of the pole tip element within the 1st vertical

plane 100 and the 2nd vertical plane 102 is important in order to make into min the side lighting caused by the big breadth of the 2nd shielding layer S2 combining pedestal pole tip layer PT1b. The following paragraph explains the importance of this pedestal pole tip layer PT1b.

[0026] It was discovered that the die length of pedestal pole tip layer PT1b can be far shortened from the die length considered to be possible before. this invention person determined the optimal notch depth of the 2nd shielding layer S2 for forming pedestal pole tip layer PT1b which has the optimal die length. The result of the analysis is shown in drawing 9 thru/or drawing 12 . The field of the write head which (1) bottom pole piece (P1) cut with each of drawing 9 thru/or drawing 12 , and was lacked side truck write-in [ within a flat surface ] is shown. (2) — the head field which it normalized to the off-track location of mum unit — plotting — (3), since almost all heads are designed near [ 2.5 times as much as the saturation holding power of disk media ] the maximum write-in field Take an effective fringe magnetic field with the normalization head amplitude of 0.4, and an off-track location is measured from the side attachment wall of the gap layer G along with the horizontal center line of (4) gaps. (5) the broken line which gap length is 0.4 micrometers, and the floatation height of the head on the disk which carries out (6) revolutions is 0.075 micrometers, and was described as (7 "max") There is no notching, therefore there is no pedestal pole tip layer PT1b. The result, The broken line which is a side truck write-in field in case there is a gap layer G right above the 2nd shielding layer S2 (refer to drawing 14 ), and was described as (8 "min") It is the side truck write-in field of pedestal pole tip layer PT1b of the die length of infinity, and the continuous line which is between the "minimum" broken lines with (9 "max") is as a result of analysis. In drawing 9 , the die length of pedestal pole tip layer PT1b shown in drawing 5 is 3 times, i.e., 1.2 micrometers, the gap length. By the normalization head field of 0.4, it turns out that a side truck write-in field is dramatically close to the minimum side truck write-in field of pedestal pole tip layer PT1b of infinity length. In drawing 10 , the die length of pedestal pole tip layer PT1b is twice, i.e., 0.8 micrometers, the gap length. The result in a 0.4 normalization head field is still dramatically close to the minimum side truck write-in field of the pole tip element of infinity length. In drawing 11 , although the die length of pedestal pole tip layer PT1b is 1 time, i.e., 0.4 micrometers, the gap length, it still has the engine performance near [ case / where the pole tip with which it is expressed by the "greatest" broken line does not exist ] the infinity pole tip with which it is expressed by the "minimum" broken line. Even if notching of the 2nd shielding layer S2 is 0.4 micrometers, it is shown in drawing 11 that the off-track engine performance of the write head is considerably improved by pedestal pole tip layer PT1b with a die length of 0.4 micrometers to the write head in which a pedestal does not exist at all. In drawing 12 , the die length of pedestal pole tip layer PT1b is 0.5 times, i.e., 0.2 micrometers, the gap length. Even if die length is 0.2 micrometers, pedestal pole tip layer PT1b is the normalization head field of 0.4, and brings about 40% of improvement to the head in which a pedestal does not exist at all.

[0027] Even if the above-mentioned analysis shortens dramatically the die length of pedestal pole tip layer PT1b, it is proved [ analysis ] that a remarkable improvement of the off-track engine performance can be attained. The permissible range of this die length is from gap length's 0.5 times to 3.0 times, and gap length's twice are the desirable die length or the optimal die length of pedestal pole tip layer PT1b. Please understand that the gap length can be made into values other than 0.4 micrometer shown here. The gap length can be made into various values in the range from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers about the permissible engine performance. Therefore, notching or die length of pedestal pole tip layer PT1b should become from desired gap length's 0.5 times to 3.0 times. It is quite important that pedestal pole tip layer PT1b can be formed in the 2nd shielding layer S2 of the MR read head 50, without changing the engine performance of the 2nd shielding layer S2 about shielding of MR element. The 2nd shielding layer S2 is usually the thickness from 7 micrometers to 8 micrometers, and about 1-micrometer notching does not influence the engine performance. However, if wished, the thicker 2nd shielding layer S2 can be deposited, taking notching 78 and 79 into consideration. An important thing is that the step which deposits another layer for pedestal pole tip layer PT1b is saved by this notching. However, after depositing another layer on the 2nd shielding layer S2, in order to prepare pedestal pole tip layer PT1b which consists of a different ingredient from the 2nd shielding layer S2, please understand that notching can be made suitably. Probably, this is

desired when pedestal pole tip layer PT1b consists of a different ingredient from the 2nd shielding layer S2. For example, in order to treat the magnetic flux of a large quantity for pedestal pole tip layer PT1b, it can constitute from an ingredient of the high saturation moments, such as the 2nd iron of nitriding, and the 2nd shielding layer S2 can consist of ingredients of the hyposaturation moments, such as a permalloy. The configuration of pedestal pole tip layer PT1b which consists of a different ingredient from the 2nd shielding layer S2 is explained to a detail later.

[0028] Although compaction of the die length of pedestal pole tip layer PT1b is important discovery, as shown in drawing 6, it is also important for it that the side attachment wall of pedestal pole tip layer PT1b and pole tip element PT2b is mutually aligned vertically by ABS. The approach of the configuration for attaining these vertical side attachment walls is another discovery explained to a detail by lower "method of manufacturing MR combined head."

[0029] Here, the engine performance of drawing 5 and the MR combined head 46 of drawing 6 can be compared with MR combined head of drawing 14 and the conventional technique of drawing 15. In MR combined head of the conventional technique, the top pole tip layer PT 2 is formed on the 2nd shielding layer S2 on both sides of the gap layer G in between. The 2nd shielding layer S2 works as a bottom pole piece P1, and works as a bottom pole tip layer PT 1 in the front extension. The only element which separates the top pole tip layer PT 2 from the 2nd shielding layer S2 is the gap layer G. Since the breadth of the 2nd shielding layer S2 is large as compared with the width of face of the top pole tip layer PT 2, remarkable side fringe magnetic flux is prolonged from the top pole tip layer PT 2 to the 2nd shielding layer S2 exceeding the width of face. This brings about a remarkable side lighting and the poor off-track engine performance. As for magnetic flux, it is desirable to be thoroughly settled in the flat surface which progresses between the top pole tip layer PT 2 and the 2nd shielding layers S2 which work as bottom pole tip layers PT 1, and is formed with the side attachment wall of the top pole tip layer PT 2. It is this desirable engine performance that drawing 5 and MR combined head of drawing 6 attain.

[0030] Drawing which looked at the induction head of the conventional technique from ABS to drawing 13 is shown. The bottom pole tip layer PT 1 and the top pole tip layer PT 2 which were separated by the gap layer G are contained in this induction head. The bottom pole tip layer PT 1, the gap layer G, and the top pole tip layer PT 2 are used for an induction head, and it performs both a read function and a write-in function. Between write-in functions, the coil which is not illustrated guides magnetic flux to the bottom pole tip layer PT 1 and the top pole tip layer PT 2, and performs write-in actuation. Between read actuation, the bottom pole tip layer PT 1 and the top pole tip layers PT 2, and those corresponding pole pieces guide magnetic flux to the same coil, and perform read actuation. The off-track engine performance of the induction head of this conventional technique is better than the off-track engine performance of MR combined head of the conventional technique shown in drawing 14 and drawing 15. It is because alignment of the side attachment wall of the bottom pole tip layer PT 1 and the top pole tip layer PT 2 is carried out more vertically soon. However, with the configuration of the conventional technique of an induction head, a result to which the bottom pole tip layer PT 1 and the top pole tip layer PT 2 become broad toward a substrate inevitably is brought. Milling of both the top pole tip layer PT 2 and the bottom pole tip layer PT 1 is carried out by the downward ion beam between that configuration in this sequence. When turning an ion beam just under, the redeposition of most amount of the waste by which milling was carried out accumulates on the side attachment wall of the pole tip element by which milling is carried out, the top pole tip layer PT 2 carries out shadowing of the lower bottom pole tip layer PT 1, and the configuration of the shape of an outward taper which was shown in drawing 13 for this reason is brought about. As contrasted with the top pole tip layer PT 2, the broad bottom pole tip layer PT 1 causes the side lighting which is not desirable as for some. Furthermore, the ion milling (8 micrometers thru/or 10 micrometers) of both pole tips takes a long time.

[0031] Drawing 7 and drawing 8 are drawings showing another example of this invention slightly corrected from the example shown in drawing 5 and drawing 6. The apical pole piece P2 is constituted from the top magnetic layer 110 which has the front extension which forms pole tip element PT2a, and the bottom magnetic layer 112 which has the front extension which forms



pole tip element PT2b by the example of drawing 7 and drawing 8. Pole tip element PT2b has the 1st vertical side attachment wall 114 and the 2nd vertical side attachment wall 116, and pole tip element PT2a has the 1st vertical side attachment wall 118 and the 2nd vertical side attachment wall 120. So that drawing 8 may show the 1st side attachment wall 80 of pedestal pole tip layer PT1b, the 1st side attachment wall 84 of the gap layer G, the 1st side attachment wall 114 of pole tip element PT2b, and the 1st side attachment wall 118 of pole tip element PT2a. Being in the 1st vertical plane 100, respectively, the 2nd side attachment wall 82 of pedestal pole tip layer PT1b, the 2nd side attachment wall 86 of the gap layer G, the 2nd side attachment wall 116 of pole tip element PT2b, and the 2nd side attachment wall 120 of pole tip element PT2a are in the 2nd vertical plane 102. Although pole tip element PT2a is illustrated in the condition of having the side attachment wall aligned at right angles to the pole tip element under it, when pole tip element PT2b has the die length about 3 times the die length of the gap layer G, it is unnecessary in this. It is because the flow of the magnetic flux in the distance beyond the die length becomes not much important less. Therefore, breadth in ABS of pole tip element PT2a can be made into breadth quite larger than the width of face of pedestal pole tip layer PT1b and pole tip element PT2b. Pole tip element PT2a and pole tip element PT2b can consist of two separate layers, when asking for it being the ingredient with which pole tip element PT2b differs from pole tip element PT2a. For example, pole tip element PT2b can be constituted from an ingredient of the high saturation moments, such as the 2nd iron of nitriding, and pole tip element PT2a can consist of ingredients of the hyposaturation moments, such as a permalloy. In this arrangement, pole tip element PT2b can support the magnetic flux of a large quantity, without being saturated.

[0032] If the approach of a configuration of explaining in the bottom is used, the width of face of the pole tip element of the MR combined head 46 can be narrowed to 2 micrometers. This is smaller than 4 micrometers which is the usual width of face of the induction head of the conventional technique shown in drawing 13 thru/ or 5 micrometers. The width of face of pedestal pole tip layer PT1b of the width of face of pedestal pole tip layer PT1b of drawing 5 and drawing 6 and the top pole tip element PT 2 or drawing 7, and drawing 8 and pole tip element PT2b establishes the width of recording track of the write head part of MR combined head. From now on, TPI can be calculated. This TPI is one of the multipliers at the time of obtaining the surface density of the write head.

[0033] Drawing 3 and drawing 4 are drawings which were made into the form of a partial cutting plane and in which showing the more perfect example of the write head, in order to show various details. in drawing 3, a part of bottom magnetic layer 112 which is a cover layer is removed, and the 2nd insulating layer I2 and the 3rd insulating layer I3 remove -- having -- a coiled form -- some conductors 70 are omitted. a coiled form -- a conductor 70 is prolonged around the back gap BG between the apical pole piece P2 and the bottom pole piece P1. a coiled form -- the end of a conductor 70 is connected to lead wire 72 with a sign 73, and the other end (not shown) of this conductor is connected to lead wire 74. lead wire 72 and 74 -- minding -- a coiled form -- the time of the signal current being sent to a conductor 70 -- a coiled form -- a conductor 70 guides magnetic flux to the apical pole piece P2 and the bottom pole piece P1. This guides the magnetic flux which crosses the pole tip of ABS forward and backward.

[0034] MR combined head of approach this invention which manufactures MR combined head is constituted using the original combination of a known thin film photolithography step and an ion beam milling step. Deposition of the magnetic layer which uses photoresist frame plating processing, and deposition of the insulating layer by the photoresist and the development are included in a photolithography. Ion beam milling is performed within a chamber. The example of such internal components of a chamber is shown in drawing 16. A workpiece (not shown) is placed on a turntable 130 and rotates at a fixed rotational frequency. During a revolution, one or more ion beams 132 and 134 are turned at a workpiece. As for these ion beams, it is desirable that it is argon ion. The ion beam 132 of a primary supply source is vertical facing down by a diagram, and since the ion beam 134 of a secondary supply source is vertical by a diagram, it is turned to a certain include angle. Since the ion beam milling of this invention is vertical, it is attained by the beam turned only to a certain include angle so that it may explain to a detail later. A shutter 136 is attached in a pivot type in order to change ON of an ion beam, and OFF



about the workpiece on a turntable 130 (not shown).

[0035] The configuration of MR read head 50 part of the MR combined head 46 is common knowledge in this technical field. The 1st shielding layer S1, the bottom gap layer G1, MR element, the top gap layer G2, and the 2nd shielding layer S2 are deposited by the thin film photolithography processing step. The 2nd shielding layer S2 of the read head is deposited so that a back gap may be included from ABS to a back gap, consequently the 2nd shielding layer S2 comes to have ABS, a pole tip part between 0 throat level, and a back part between 0 throat level and a back gap so that drawing 5 may show. The bottom pole piece P1 of the write head 52 constitutes this 2nd shielding layer S2. MR combined head is demarcated with this combination.

[0036] Discovery of the 2nd of this invention consists of two parts. The pole tip structure of the apical pole piece P2 is used for the pole tip structure of the bottom pole piece P1 as a mask for carrying out ion beam milling of the pedestal the 1st. An ion beam is turned [ 2nd ] to a certain include angle to the side attachment wall of top pole tip structure by either of a single beam with an include angle or one pair of single beams with an include angle. the pair of a beam with an include angle — desirable — this — sequence — or it can turn by either of the \*\*\*\*\*. The device of every example deposits additional thickness on top pole tip structure. The thickness of this addition is reduced by the ion beam milling for forming a pedestal in bottom pole tip structure.

[0037] Since drawing 5 of this invention and the example of drawing 6 are constituted, various examples for turning an ion beam are shown in drawing 17 thru/or drawing 23 . In this example, it is used as a mask for the top pole tip element PT 2 to constitute bottom pole tip structure. The same approach should be used for the configuration of drawing 7 of this invention, and the example of drawing 8 . In this example, only pole tip element PT 2b can be used as a mask for forming bottom pole tip structure for pole tip element PT2b and pole tip element PT2a.

[0038] In order to form bottom pole tip structure in drawing 17 , drawing 18 , and drawing 19 , the activity of the ion beam of two different include angles by which a sequential activity is carried out is shown. The top pole tip element PT 2 which consisted of conditions of having expected reduction of the thickness in ion beam milling, and having the thickness of an excess is shown in drawing 17 . Thickness of the beginning of the layer of the top pole tip element PT 2 can be set to about 7 micrometers including the thickness of an about 2-micrometer excess. Although the top pole tip element PT 2 is formed with the 1st side attachment wall 88 and the 2nd side attachment wall 90, the processing for forming the top pole tip element PT 2 is explained to a detail later. In drawing 17 , the ion beam is turned to the include angle of 30 degrees to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2. Although the ion beam is turned only to the 2nd side attachment wall 90 of the top pole tip element PT 2 by a diagram, as explained in the top, it is turned to both the 1st side attachment wall 88 of the top pole tip element PT 2, and the 2nd side attachment wall 90 for the revolution of the workpiece on a turntable 130. The gap layer G deposits on P1-/S two-layer, and the top pole tip element PT 2 accumulates on the gap layer G. As stated in the top, when turning an ion beam downward [ vertical ], the ingredient (waste) with which most amount was cut carries out redeposition to the side attachment wall of the element by which milling is carried out. Although a remarkable cut occurs by making a beam into the include angle of 30 degrees to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2 as shown in drawing 17 , this beam also performs clearance of a certain amount of waste during cut actuation. Although 30 degrees is a desirable include angle, in the case of 2 include-angle examples, this include angle can be made into the range of 20 to 40 degrees. Initiation of cut actuation is shown in drawing 17 , and the final result of cut actuation is shown in drawing 18 at it. Between this cut actuation, the top pole tip element PT 2 works as a mask for cutting pedestal pole tip layer PT1b into the 2nd shielding layer S2. As shown in drawing 19 , 75-degree ion beam is used after 30-degree ion beam, and the redeposition left behind from 30-degree actuation is removed. Although 75-degree ion beam is desirable to clearance of redeposition, this can be made into the range from 65 degrees to 85 degrees to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2. During cut actuation, 2 etc. micrometers of thickness of the top pole tip element PT 2 etc. should care about that only the added additional thickness (refer to drawing 17 ) is reduced. A surprising result is that the side attachment wall of pedestal pole tip layer PT1b is aligned with the side attachment wall of the

top pole tip element PT 2 after this milling. Pedestal pole tip layer PT1b was formed by preparing notching in the 2nd shielding layer S2 with signs 78 and 79. Ion milling of the gap layer G can be carried out by the beam (30 degrees and 75 degrees), or [ instead ] it can carry out chemical etching to the width of face before ion beam milling.

[0039] Drawing 20 and drawing 21 are drawings similar to the example of drawing 17 , drawing 18 , and drawing 19 except for the point of turning 30-degree beam and 75-degree beam simultaneously, and performing cut actuation and clearance actuation showing the example of ion beam milling.

[0040] Drawing 22 and drawing 23 are drawings which use a single ion beam for both the cut for demarcating pedestal pole tip layer PT1b, and clearance and in which showing the example of ion beam milling. The 2 include-angle beam technique in which it explained above is more desirable than a single beam. However, a satisfactory result can be obtained using this single beam.

Although the include angle with a desirable single beam is 55 degrees, this include angle can be changed from 45 degrees to 65 degrees as permissible range.

[0041] Drawing 24 thru/or drawing 28 are drawings showing the detail of the addition at the time of constituting drawing 5 of this invention, and the pole tip element of the example of drawing 6 . In drawing 24 , the apical pole piece P2 and its top pole tip element PT 2 are galvanized using a photoresist frame. By this plating actuation, the outside of a frame is also galvanized and this is called the P2 field. In drawing 25 , the photoresist frame is removed and the top pole tip element PT 2 which has the P2 field on both sides is left behind. In drawing 25 , it turns out that G accumulated on the P1/S two-layer of gap layers, and the top pole tip element PT 2 accumulated on the gap layer G. In frame plating processing, the top pole tip element PT 2 consists of conditions of having the 1st vertical side attachment wall 88 and the 2nd vertical side attachment wall 90 as what was originally equipped. In drawing 26 , the P2 field is removed and the photoresist mask which has opening or the aperture 140 which exposes the top pole tip element PT 2 is placed on the apical pole piece P2. This resist aperture is clearly shown by drawing 27 . Then, as are stated in the top, and one or more ion beams are turned through this resist aperture and it is shown in drawing 28 , notching is prepared in P1-/S two-layer, and pedestal pole tip layer PT1b is brought about.

[0042] Drawing 29 thru/or drawing 33 are drawings showing the processing step for making drawing 7 of this invention, and the pole tip structure of the example of drawing 8 . These steps are the same as the step the apical pole piece P2 explained two-layer to be about drawing 24 thru/or drawing 28 except for the point constituted by using, in order to bring about two pole tip element PT2a and PT2bs, as shown in drawing 30 . After ion beam milling, as shown in drawing 33 , pedestal pole tip layer PT1b is formed, and pole tip element PT2a and PT2b are contained in top pole tip structure. As stated in the top, pole tip element PT2b can be used as a different ingredient from pole tip element PT2a. Drawing 34 is drawing showing the example of an addition in case a magnetic layer is placed on the 2nd shielding layer S2 before ion beam milling. In this case, two pedestal pole tip elements, i.e., pedestal pole tip layer PT1b, and PT1c should be contained in bottom pole tip structure. Too, pedestal pole tip layer PT1c can be used as a different ingredient from pedestal pole tip layer PT1b. Pole tip element PT2b and pedestal pole tip layer PT1c can be constituted from an ingredient (4pims) of the high saturation moments, such as the 2nd iron of nitriding, and the ingredient of pedestal pole tip layer PT1b and pole tip element PT2a can be used as the ingredient of the hyposaturation moments, such as a permalloy. If a high saturation ingredient is used, it can let it pass, without saturating the magnetic flux of a large quantity through the pole tip nearest to the gap layer G.

[0043] In the approach of manufacturing this MR combined head, the 2nd shielding layer S2 so that it may have ABS, a pole tip part between 0 throat level, and 0 throat level and the back part between back gaps The step which deposits the 2nd shielding layer S2 of the read head from ABS to a back gap including a back gap (refer to drawing 5 and drawing 6 ), In order to form the apical pole piece P2 which has the top pole tip element PT 2 on the step (refer to drawing 5 and drawing 6 ) which deposits the gap layer G on the 2nd shielding layer S2 from ABS to 0 throat level, and the gap layer G The step which deposits a magnetic layer on the gap layer G and the 2nd shielding layer S2 (refer to drawing 24 and drawing 25 ), The top pole tip element PT 2 is used as a mask for preparing at least one ion beam in signs 78 and 79 on both sides of the top

pole tip element PT 2, and preparing notching in S two-layer. The step substantially turned to the pole tip part of the 2nd shielding layer S2 with the parallel sense at a certain include angle at ABS to the 1st side attachment wall 88 and the 2nd side attachment wall 90 of the top pole tip element PT 2 is contained. It leaves the 2nd shielding layer S2 in which notching has a pedestal, and a pedestal is pedestal pole tip layer PT1b. The 2nd shielding layer S2 between ABS and 0 throat level except pedestal pole tip layer PT1b is pole tip element PT1a (refer to drawing 17 thru/or drawing 19 ). The 1st side attachment wall 80 of pedestal pole tip layer PT1b and the 1st side attachment wall 88 of the top pole tip element PT 2 are aligned in the 1st vertical plane 100. The 2nd side attachment wall 82 of pedestal pole tip layer PT1b and the 2nd side attachment wall 90 of the top pole tip element PT 2 are aligned in the 2nd vertical plane 102. What is mutually isolated by ABS so that the 1st vertical plane 100 and the 2nd vertical plane 102 may demarcate width-of-recording-track  $w$  of MR combined head (refer to drawing 6 ) becomes clear simply. The 1st and 2nd ion beams can be included in the step which turns at least one ion beam, the 1st ion beam can be made into the include angle  $\theta$  within the limits of  $0 \text{ degree} < \theta < 60 \text{ degrees}$ , and the 2nd ion beam can be made into the include angle  $\theta$  within the limits of  $60 \text{ degrees} \leq \theta \leq 85 \text{ degrees}$ . It has the thickness which demarcates die-length  $g$  of the range from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers to the step which deposits the gap layer G, and the step which prepares the gap layer whose die length of pedestal pole tip layer PT1b in ABS is the range from  $0.5g$  to  $3.0g$  can be included in it. The step which prepares pedestal pole tip layer PT1b which has die length of about 0.7 micrometers for the 2nd shielding layer S2 by notching and this can be included in the step which turns at least one ion beam with signs 78 and 79 so that it may become the depth each notching of whose is about 0.7 micrometers. The step which decreases the layer thickness of the top pole tip element PT 2 by about 2 micrometers is contained in the step which turns at least one ion beam.

[0044] If the above-mentioned discovery is used, it will become clear simply that it enables MR combined head to have the pole tip whose bottom pole tip element is a pedestal, where a gap layer is adjoined and which was aligned vertically about the 2nd shielding layer S2 of the merge MR read head. Minimization of the side lighting between the pole tips is optimized by vertical-position setting this side attachment wall.

[0045] Clearly, if it is this contractor, other examples of this invention and correction will be visualized simply. Therefore, this invention should be restricted by only the claim and such an example and correction when watching with the above-mentioned description and an accompanying drawing are included in this.

[0046] As a conclusion, the following matters are indicated about the configuration of this invention.

[0047] (1) Said bottom pole piece P1 has bottom pole tip element PT1a and top pole tip element PT1b including the write head which has the bottom pole piece P1 and the apical pole piece P2. It is characterized by said apical pole piece P2 having the pole tip element PT 2, and MR read head which has the 2nd shielding layer S2 containing said bottom pole piece and its pole tip element PT1a is included. Said top pole tip element PT1b is characterized by forming a pedestal about the 2nd shielding layer S2. Said top pole tip element PT1b and said pole tip element PT 2, respectively It has the 1st and 2nd side attachment walls. Said top pole tip element PT1b and each 1st side attachment wall of PT2 It is in the 1st vertical plane in common. Each 2nd side attachment wall of said top pole tip element PT1b and said pole tip element PT 2 MR combined head to which it is characterized by being in the 2nd vertical plane in common, and said 1st and 2nd vertical planes are characterized by isolating mutually only the distance  $w$  showing the write head width of recording track, and placing it in an air bearing side (ABS).

(2) The magnetic-disk driving gear including the support means attached in housing which contains the slider for supporting MR combined head in a conversion relation about a magnetic disk when rotating with housing, the means for rotating a magnetic disk attached in housing, and a means for a magnetic disk to rotate and which contains MR combined head of a publication in the above (1).

(3) said 2nd shielding layer S2 — said bottom pole tip element PT1a — in addition, MR combined head given in the above (1) characterized by including said top pole tip element PT1b.

(4) MR combined head given in the above (1) characterized by for this gap layer G having the 1st

and 2nd side attachment walls, placing the 1st side attachment wall of said gap layer G into said 1st vertical plane including the gap layer G placed between said top pole tip element PT1b and said pole tip element PT 2, and placing the 2nd side attachment wall of said gap layer G into said 2nd vertical plane.

(5) MR combined head given in the above (1) characterized by said pole tip element PT 2 being a monolayer.

(6) MR combined head given in the above (1) said whose pole tip element PT 2 is characterized by being the separate layer of said pole tip element PT2a and PT2b including pole tip element PT2a and PT2b, respectively.

Said MR read head adds to said 2nd shielding layer S2. (7) The 1st shielding layer S1, MR combined head given in the above (1) characterized by including MR component pinched between the 1st gap layer G1 and the 2nd gap layer G2 which were pinched between this 1st shielding layer S1 and said 2nd shielding layer S2, and said 1st gap layer G1 and said 2nd gap layer G2.

(8) MR combined head given in the above (1) characterized by the distance between said 1st vertical plane and said 2nd vertical plane being less than 5 micrometers.

(9) MR combined head given in the above (1) whose die length of said top pole tip element PT1b in said ABS the die length of the gap G in said ABS is g, and is characterized by being in within the limits from 0.5g to 3.0g.

(10) MR combined head given in the above (9) said whose 2nd shielding layer S2 is characterized by including said top pole tip element PT1b in addition to said bottom pole tip element PT1a.

(11) The magnetic-disk driving gear including the support means attached in housing which contains the slider for supporting MR combined head in a conversion relation about a magnetic disk when rotating with housing, the means for rotating a magnetic disk attached in housing, and a means for a magnetic disk to rotate and which contains MR combined head of a publication in the above (10).

(12) MR combined head given in the above (10) on which this gap layer G has the 1st and 2nd side attachment walls, the 1st side attachment wall of said gap layer G is placed into said 1st vertical plane including the gap layer G placed between said top pole tip element PT1b and said pole tip element PT 2, and the 2nd side attachment wall of said gap layer G is put into said 2nd vertical plane.

Said MR read head adds to said 2nd shielding layer S2. (13) The 1st shielding layer S1, MR combined head given in the above (12) characterized by including MR component pinched between the 1st gap layer G1 and the 2nd gap layer G2 which were pinched between this 1st shielding layer S1 and said 2nd shielding layer S2, and said 1st gap layer G1 and said 2nd gap layer G2.

(14) MR combined head given in the above (13) whose die length of the pole tip element in said ABS die-length g of said gap G is in within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers, and is characterized by being 2.0g substantially.

(15) MR combined head given in the above (14) characterized by said pole tip element PT 2 being a monolayer.

(16) MR combined head given in the above (14) said whose pole tip element PT 2 is characterized by being the separate layer of said pole tip element PT2a and PT2b including pole tip element PT2a and PT2b, respectively.

The write head which has the bottom pole piece P1 and the apical pole piece P2 is included. (17) Said bottom pole piece P1 It has bottom pole tip element PT1a and top pole tip element PT1b. Said apical pole piece P2 It is characterized by having the pole tip element PT 2 and said bottom pole tip element PT1a having width of face larger than the width of face of said top pole tip element PT1b. MR read head which has the 2nd shielding layer S2 containing said bottom pole piece containing said bottom pole tip element PT1a, is included. Said top pole tip element PT1b is characterized by being a pedestal about said 2nd shielding layer S2. Said top pole tip element PT1b has a top thin film side, the 1st side attachment wall, the 2nd side attachment wall, and a front wall. A front wall forms a part of air bearing side (ABS). A top thin film side It is characterized by being surrounded with a front wall, the 1st side attachment wall, and the 2nd side attachment wall. Said pole tip element PT 2 It has a top thin film side, a bottom thin film side, a front wall, the 1st side attachment wall, and the 2nd side attachment wall. A front wall. A

part of ABS is formed and a top thin film side and a bottom thin film side are characterized by being surrounded with a front wall, the 1st side attachment wall, and the 2nd side attachment wall. Be caught between the top thin film side of said top pole tip element PT1b, and the bottom thin film side of said pole tip element PT 2. Have a top thin film side, a bottom thin film side, and a front wall, and a front wall forms said a part of ABS. A top thin film side and a bottom thin film side are surrounded with a front wall, the 1st side attachment wall, and the 2nd side attachment wall. The gap layer G is included. Each 1st side attachment wall of said top pole tip element PT1b, said gap layer G, and said pole tip element PT 2 It is continuing in the 1st vertical plane. Each 2nd side attachment wall of said top pole tip element PT1b, said gap layer G, and said pole tip element PT 2 MR combined head which is characterized by continuing in the 2nd vertical plane, and is characterized by only the distance w of said 1st vertical plane and said 2nd vertical plane which it is vertical and is the width of recording track of said write head in the location of said ABS being mutually separated to said ABS, respectively.

Said bottom pole tip element PT1a and said top pole tip element PT1b (18), respectively Are a separate magnetic layer and said pole tip element PT 2 contains top pole tip element PT2a and bottom pole tip element PT2b. MR combined head given in the above (17) whose ingredient of said top pole tip element PT1b and said bottom pole tip element PT2b is characterized by having the saturation of the moment higher than the ingredient of said bottom pole tip element PT1a and said top pole tip element PT2a.

(19) MR combined head given in the above (17) characterized by for the die length of the gap G in said ABS being g, and the die length of said top pole tip element PT1b in said ABS being 2.0g substantially.

(20) MR combined head given in the above (19) whose die-length g of said gap G is characterized by being in within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers.

(21) said 2nd shielding layer S2 — said bottom pole tip element PT1a — in addition, MR combined head given in the above (20) characterized by including said top pole tip element PT1b.

Said MR read head adds to said 2nd shielding layer S2. (22) The 1st shielding layer S1, MR combined head given in the above (21) characterized by including MR component pinched between the 1st gap layer G1 and the 2nd gap layer G2 which were pinched between this 1st shielding layer S1 and said 2nd shielding layer S2, and said 1st gap layer G1 and said 2nd gap layer G2.

(23) The magnetic-disk driving gear including the support means attached in housing which contains the slider for supporting MR combined head in a conversion relation about a magnetic disk when rotating with housing, the means for rotating a magnetic disk attached in housing, and a means for a magnetic disk to rotate and which contains MR combined head of a publication in the above (22).

(24) MR combined head given in the above (22) said whose pole tip element PT 2 is characterized by being the separate layer of said pole tip element PT2a and PT2b including pole tip element PT2a and PT2b, respectively.

(25) Pole tip element PT1a in which pole tip element PT1b and each of PT2 have the 1st side attachment wall and the 2nd side attachment wall, PT1b, and PT2, MR read head containing the 2nd shielding layer S2 containing said pole tip element PT1a is included. Said pole tip element PT1b is characterized by being a pedestal about said 2nd shielding layer S2. Said pole tip element PT1b and each 1st side attachment wall of PT2 are aligned in the 1st vertical plane. Said pole tip element PT1b and each 2nd side attachment wall of PT2 are characterized by aligning in the 2nd vertical plane. Said 1st and 2nd vertical planes by ABS MR combined head characterized by isolating mutually only the distance w which demarcates the width of recording track of MR combined head, and placing it.

(26) said 2nd shielding layer S2 — said pole tip element PT1a — in addition, MR combined head given in the above (25) characterized by said pole tip element PT 2 being a monolayer including said pole tip element PT1b.

(27) MR combined head given in the above (26) characterized by for the die length of the gap G in said ABS being g, for die-length g of this gap G being in within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers, and the die length of said pole tip element PT1b in said ABS being in within

the limits from 0.5g to 3.0g.

(28) The bottom pole piece P1 which has the pole tip part which is not demarcated [ which is prolonged between an air bearing side (ABS) and 0 throat level ], is prolonged from said ABS to a back gap, and contains this back gap. The step which deposits at least one magnetic layer in order to form the 2nd shielding layer S2 of an MR head. The apical pole piece P2 formed with the demarcated pole tip element PT 2 which is prolonged between said ABS and said 0 throat level, and has the 1st and 2nd vertical side attachment walls. Said back gap is included. From said ABS to said back gap. The step which deposits another magnetic layer in order to form on said bottom pole piece P1, Pole tip element PT1b which has the 1st and 2nd vertical side attachment walls which are a pedestal and are aligned to said 1st [ the ] of said pole tip element PT 2, and the 2nd vertical side attachment wall about said bottom pole piece P1, respectively. Since said bottom pole piece P1 is vertically cut on each side face of said pole tip element PT 2 in order to form the bottom pole piece P1 in pole tip element PT1a, and it lacks, As opposed to the side attachment wall of said pole tip element PT 2 which used said demarcated pole tip element PT 2 as a mask, and was demarcated at an include angle theta. How to manufacture MR combined head which has the crowning and pars basilaris ossis occipitalis containing the step which turns at least one ion beam to the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated which are selectively surrounded by the air bearing side (ABS).

(29) The step which deposits a photoresist mask on said apical pole piece P2 before the step which turns at least one ion beam to the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated, So that it can work as a mask for the step which turns at least one ion beam to the pole tip part said whose demarcated pole tip element PT 2 is not demarcated [ of said bottom pole piece P1 ] An approach given in the above (28) containing said demarcated pole tip element PT 2 and the step which prepares opening which exposes the area on each of that side face in said photoresist mask.

(30) The step which deposits the gap layer G on said at least one magnetic layer before the step which deposits said another magnetic layer since the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated is covered is included. Before the step which turns said at least one ion beam turns an ion beam to the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated. It is characterized by including the step which turns an ion beam to the gap layer G. An approach given in the above (28) to which the step which turns said at least one ion beam is characterized by preparing the pole tip element PT1b, 1st [ of PT2 ], and 2nd vertical side-attachment-walls, 1st [ which are aligned, respectively ], and 2nd vertical side attachment walls in said gap layer G.

(31) The step which deposits the gap layer G on said at least one magnetic layer before the step which deposits said another magnetic layer since the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated is covered is included. The step which deposits said gap layer G is characterized by bringing about the gap layer which has thickness g of within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers by ABS. An approach given in the above (28) whose die length of said pole tip element PT1b in said ABS is characterized by being 2.0g substantially.

(32) An approach given in the above (28) whose step which turns said at least one ion beam is characterized by consisting of turning a single ion beam at the single include angle theta.

(33) An approach given in the above (28) characterized by for the 1st ion beam being the include angle theta within the limits of  $0 \text{ degree} < \theta < 60 \text{ degrees}$ , and the 2nd ion beam being the include angle theta within the limits of  $60 \text{ degrees} < \theta < 85 \text{ degrees}$  including the step to which the step which turns said at least one ion beam turns the 1st and 2nd ion beams.

(34) An approach given in the above (33) said whose 1st ion beam is characterized by being the include angle theta within the limits of  $20 \text{ degrees} < \theta < 40 \text{ degrees}$ .

(35) An approach given in the above (34) characterized by for said 1st ion beam being 30 degrees in include angle theta substantially, and said 2nd ion beam being the include angle theta of 75 degrees substantially.

(36) An approach given in the above (28) characterized by to be included the step which deposits the pole tip layer PT 2 which has the additional thickness whose step on which the step which turns said at least one ion beam decreases the thickness of the pole tip layer PT 2, and deposits said pole tip element PT 2 is reduction of the thickness of said pole tip element PT 2

caused by the step which turns said at least one ion beam.

(37) An approach given in the above (36) containing the step which leaves the aperture in which said demarcated pole tip element PT 2 and the area on each of that side face are exposed in the mask between said ABS and O throat level, and deposits a mask between O throat level and a back gap substantially on said apical pole piece P two-layer before the step which turns said at least one ion beam.

(38) An approach given in the above (37) which the step which turns said at least one ion beam consists of turning a single ion beam at the single include angle theta, and is characterized by said include angle theta being within the limits of  $0 \text{ degree} < \theta < 60 \text{ degrees}$ .

(39) An approach given in the above (37) characterized by for the 1st ion beam being the include angle theta within the limits of  $20 \text{ degrees} < \theta < 40 \text{ degrees}$ , and the 2nd ion beam being the include angle theta within the limits of  $65 \text{ degrees} < \theta < 85 \text{ degrees}$  including the step to which the step which turns said at least one ion beam turns the 1st and 2nd ion beams.

(40) An approach given in the above (39) characterized by for said 1st ion beam being 30 degrees in include angle theta substantially, and said 2nd ion beam being the include angle theta of 75 degrees substantially.

(41) The step which deposits the gap layer G on said at least one magnetic layer before the step which deposits said another magnetic layer since the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated is covered is included. An approach given in the above (40) whose die length of pole tip element PT1b in said ABS the step which deposits this gap layer G is characterized by bringing about the layer thickness which brings die-length g in said ABS to a gap G, and is characterized by being 2.0g substantially.

(42) An approach given in the above (41) said whose 1st and 2nd ion beams are characterized by being turned simultaneously.

(43) An approach given in the above (41) said whose 1st and 2nd ion beams are characterized by being turned one by one.

(44) The step at which the step which turns said at least one ion beam places said bottom pole piece P1 which deposited many layers on it into an ion beam milling chamber, An approach given in the above (43) characterized by including the step which rotates many layers deposited said bottom pole piece P1 and on it at a fixed rotational frequency while having turned the ion beam to many layers deposited said bottom pole piece P1 and on it.

(45) The step which deposits said gap layer G contains in said gap layer G the step which brings about die-length g of within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers. The step on which the step which deposits said another magnetic layer deposits said pole tip element PT 2 which has the layer thickness of about 7 micrometers is included. So that the step which turns said at least one ion beam may become the depth each notching of whose is about 0.7 micrometers and said pedestal may have height of about 0.7 micrometers An approach given in the above (44) whose step which turns said at least one ion beam to said bottom pole piece P1 including the step which prepares notching is characterized by decreasing the thickness of said pole tip element PT 2 by about 2 micrometers.

(46) In the approach of manufacturing MR combined head containing MR read head and the write head this MR read head — the 1st and the 2nd shielding layer S1 and S2 — this — the 1st inserted between the 1st and 2nd shielding layers S1 and S2, and the 2nd gap layer G1 and G2 — and It has MR component pinched between the 1st and 2nd gap layers G1 and G2. this — Said write head is prolonged from an air bearing side (ABS) to a back gap. The bottom pole piece P1 and the apical pole piece P2 containing this back gap are included. This bottom pole piece P1 constitute the 2nd shielding layer S2 and it has pole tip element PT1a and PT1b to which said bottom pole piece P1 extends between said ABS and O throat level. Said apical pole piece P2 has the pole tip element PT 2 prolonged between said ABS and said O throat level. Said pole tip element PT1b is a pedestal about said 2nd shielding layer S2, said bottom pole piece P1, and said pole tip element PT1a. Said 2nd shielding layer S2 contains said pole tip element PT1a and PT1b. The gap layer G should be caught between said pole tip element PT1a and PT2. Said pole tip element PT 2, said gap layer G, and said pole tip element PT1b, respectively It has the 1st and 2nd vertical side attachment walls. Said pole tip element PT 2, said gap layer G, and the 1st perpendicular side attachment wall of said pole tip element PT1b It is continuing in the 1st



vertical plane. Said pole tip element PT 2, said gap layer G, and the 2nd perpendicular side attachment wall of said pole tip element PT1b Are continuing in the 2nd vertical plane and said 1st and 2nd vertical planes are vertical to said ABS. the distance w which demarcates the width of recording track of MR combined head — ABS — mutual — being isolated — \*\*\*\* — (1) — with said 2nd shielding layer S2 of said MR read head (2) in order to form said bottom pole piece P1 which has the pole tip part it is not demarcated between [ whose ] said ABS and 0 throat level, and a back part between said 0 throat level and back gaps Said back gap is included. From said ABS to said back gap From the step which deposits the 1st magnetic layer, and said ABS to said 0 throat level In order to form said apical pole piece P2 which has said demarcated pole tip element PT 2 which has the step which deposits the gap layer G on said 1st magnetic layer, and said 1st and 2nd vertical side attachment walls, The step which deposits the 2nd magnetic layer on said gap layer G on said 1st magnetic layer, Use said pole tip element PT 2 for said 1st magnetic layer as a mask for preparing notching on each side face of said pole tip element PT 2, and by said 1st magnetic layer in an area with the pole tip part said whose bottom pole piece P1 is not demarcated It is substantially parallel to said ABS, and the step which turns at least one ion beam in the include-angle theta direction to the 1st and 2nd side attachment walls of said pole tip element PT 2 is included. By said notching Said 1st magnetic layer which has a vertical pedestal is left behind. Said vertical pedestal Are said pole tip element PT1b, and the 1st and 2nd vertical side attachment walls are brought to said pole tip element PT1b. The magnetic layer except said pedestal between said ABS and said 0 throat level Said pole tip element PT1a is included. Said pole tip element PT1b and the 1st perpendicular side attachment wall of PT2 It aligns in the 1st vertical plane. Said pole tip PT1b and the 2nd side attachment wall of PT2 Said approach characterized by being mutually isolated by said ABS in order that it aligns in the 2nd vertical plane, and said 1st and 2nd vertical planes may be vertical and may demarcate width-of-recording-track w of MR combined head to said ABS.

(47) The step which turns said at least one ion beam The step which turns an ion beam to said gap layer G before turning an ion beam to a non-demarcated pole tip part is included. An approach given in the above (46) whose step which turns said at least one ion beam is characterized by bringing the 1st and 2nd side attachment walls aligned by said pole tip element PT1b, the 1st of PT2, and the 2nd vertical side attachment wall, respectively to said gap layer G.

(48) An approach given in the above (46) characterized by for said 1st ion beam being the include angle theta within the limits of  $20 \text{ degrees} < \theta < 40 \text{ degrees}$ , and said 2nd ion beam being the include angle theta within the limits of  $65 \text{ degrees} < \theta < 85 \text{ degrees}$  including the step to which the step which turns said at least one ion beam turns the 1st and 2nd ion beams.

(49) The step which turns said 1st and 2nd ion beams The step which deposits a magnetic layer in order to decrease the thickness of said pole tip element PT 2 and to form said pole tip element PT 2 It is characterized by including the step which deposits said pole tip element PT 2 which has the additional thickness which is reduction of the thickness of said pole tip element PT 2 caused by the step which turns said at least one ion beam. It leaves the aperture which exposes the area on said demarcated pole tip element PT 2 and each of its side face before the step which turns said 1st and 2nd ion beams in the mask between said ABS and said 0 throat level. An approach given in the above (48) containing the step which deposits a mask between said 0 throat level and back gaps substantially on said apical pole piece P2.

(50) An approach given in the above (49) whose die length of said pole tip element PT1b in said ABS the step which deposits said gap layer G is characterized by bringing about the layer thickness which brings die-length g in said ABS to said gap G, and is characterized by being in within the limits from 0.5g to 3.0g.

(51) An approach given in the above (50) characterized by for said 1st ion beam being about 30 degrees in include angle theta, and said 2nd ion beam being the include angle theta of about 75 degrees.

(52) The step on which the step which deposits said gap layer G deposits the gap layer G which has thickness g of within the limits from 0.1 micrometers to 0.7 micrometers is included. The step on which the step which deposits said pole tip element PT 2 deposits said pole tip element PT 2 which has the layer thickness of about 7 micrometers is included. Notching which has the



depth whose step which turns said 1st and 2nd ion beams is a depth of about 0.7 micrometers is prepared in said 1st magnetic layer. By this An approach given in the above (51) whose step which turns said 1st and 2nd ion beams is characterized by decreasing the layer thickness of said pole tip element PT 2 by about 2 micrometers including the step which prepares the pedestal which has height of about 0.7 micrometers.

(53) The step at which the step which turns said 1st and 2nd ion beams places the 1st magnetic layer which deposited many layers on it into an ion beam milling chamber, An approach given in the above (52) characterized by including the step which rotates many layers deposited said 1st magnetic layer and on it at a fixed rotational frequency while having turned the ion beam to many layers deposited said 1st magnetic layer and on it.

(54) An approach given in the above (53) said whose 1st and 2nd ion beams are characterized by being turned simultaneously.

(55) An approach given in the above (53) said whose 1st and 2nd ion beams are characterized by being turned one by one.

[0048]

[Effect of the Invention] The thin film magnetic head which has the pole tip aligned vertically [ in order to minimize (1) side lighting ] by operation of this invention is offered. (2) The thin film MR combined head which had the off-track engine performance improved is offered. (3) MR combined head which has the 2nd shielding layer S2 which works as shielding of the magnetic-reluctance element in it, and works also as the pole tip of the write head which has the good off-track engine performance is offered. (4) Have the pedestal of height with the small 2nd shielding layer S2, and this pedestal works as pole tip layer PT1b. MR combined head which is characterized by the S two-layer under it working as pole tip element PT1a of the bottom pole piece P1 of the write head, and is characterized by aligning the side attachment wall of pole tip layer PT1b at right angles to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2 can be offered.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

[Drawing 1] It is the schematic diagram which is not the actual size of the disk driving gear which uses the thin film MR combined head of this invention.

[Drawing 2] It is the schematic diagram of the critical part of the pole tip of the thin film write head positioned on the track on a magnetic disk.

[Drawing 3] It is isometric drawing of the thin film MR head which has the layer of the write head attached on many layers of MR read head.

[Drawing 4] It is the top-face schematic diagram of the write head of drawing 3.

[Drawing 5] It is the side elevation of one example of the thin film MR combined head of this invention.

[Drawing 6] It is drawing of ABS in alignment with flat-surface VI-VI of drawing 5.

[Drawing 7] It is the side elevation of another example of the thin film MR combined head of this invention.

[Drawing 8] It is drawing of ABS of the head shown in drawing 7 in alignment with flat-surface VIII-VIII.

[Drawing 9] It is the graph which shows the side lighting of MR combined head made according to this invention.

[Drawing 10] It is the graph which shows the side lighting of MR combined head made according to this invention.

[Drawing 11] It is the graph which shows the side lighting of MR combined head made according to this invention.

[Drawing 12] It is the graph which shows the side lighting of MR combined head made according to this invention.

[Drawing 13] It is drawing showing ABS of the induction head of the conventional technique.

[Drawing 14] It is drawing showing ABS of the thin film MR combined head of the conventional technique.

[Drawing 15] It is the side elevation of the thin film MR combined head of the conventional technique shown in drawing 14.

[Drawing 16] It is the schematic diagram of the ion beam chamber of an example.

[Drawing 17] It is drawing which looked at the ion milling started at a certain include angle to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2 from the ABS side.

[Drawing 18] In order to form pedestal pole tip layer PT1b, P1-/S two-layer is the same drawing as drawing 17 except for being in the end of the ion milling step cut and lacked.

[Drawing 19] In order to remove the redeposition of the waste under cut actuation of drawing 17 and drawing 18, except for the point that ion milling has a deeper include angle to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2, it is the same drawing as drawing 18.

[Drawing 20] As shown in processing of drawing 17 thru/or drawing 19, the ion beam for a cut and the ion beam for clearance are the same drawings as drawing 17 except for the point which is not turned one by one but is turned simultaneously.

[Drawing 21] Except for the point which notching for forming pedestal pole tip layer PT1b has completed, it is the same drawing as drawing 20.

[Drawing 22] Except for the point that the single ion beam of a deep include angle is used for both a cut and clearance, it is the same drawing as drawing 17.

[Drawing 23] Except for the point which the cut and clearance actuation for forming pedestal pole tip layer PT1b have completed, it is the same drawing as drawing 22 .

[Drawing 24] It is the top-face schematic diagram of the step for forming the top pole tip element PT 2 which has a vertical side attachment wall.

[Drawing 25] It is drawing which looked at the structure of drawing 24 in the condition that the photoresist frame was removed, from the ABS side.

[Drawing 26] The top pole tip element PT 2 is kept exposed, and it is the plan of the apical pole piece P2 by which the mask was carried out.

[Drawing 27] It is drawing showing the resist aperture or opening on the top pole tip element PT 2 for turning one or more ion beams there at a certain include angle which looked at the structure shown in drawing 26 from the ABS side.

[Drawing 28] It is drawing showing the pole tip structure of a result after performing ion beam milling at a certain include angle to the side attachment wall of the top pole tip element PT 2, therefore forming pedestal pole tip layer PT1b.

[Drawing 29] It is the same drawing as drawing 24 .

[Drawing 30] It is the same drawing as drawing 25 .

[Drawing 31] It is the same drawing as drawing 26 .

[Drawing 32] It is the same drawing as drawing 27 .

[Drawing 33] It is the same drawing as drawing 28 .

[Drawing 34] In order to obtain a different ingredient from the remainder of the pole tip which separated further from the gap layer G, except for the point which additional pedestal pole tip layer PT1c and pole tip element PT2b have deposited, it is drawing of resemblance in drawing 33 .

#### [Description of Notations]

G Gap layer

MR Magnetic-reluctance element

P1 Bottom pole piece

P2 Apical pole piece

PT1 Bottom pole tip element

PT1a Bottom pole tip element

PT1b Pedestal pole tip layer (top pole tip element)

PT1c Pedestal pole tip layer

PT2 Pole tip element

PT2a Pole tip element

PT2b Pole tip element

S1 The 1st shielding layer

S2 The 2nd shielding layer

40 Magnetic-Disk Driving Gear

42 Magnetic Disk

44 Motor

46 Thin Film MR Combined Head (MR Combined Head)

48 Slider

50 MR Read Head

52 Write Head

54 Air Bearing Side (ABS)

56 Head Suspension Assembly

58 Driving Gear Electronic Circuitry

59 Driving Gear Housing

60 Pole Tip Element of Write Head

---

[Translation done.]

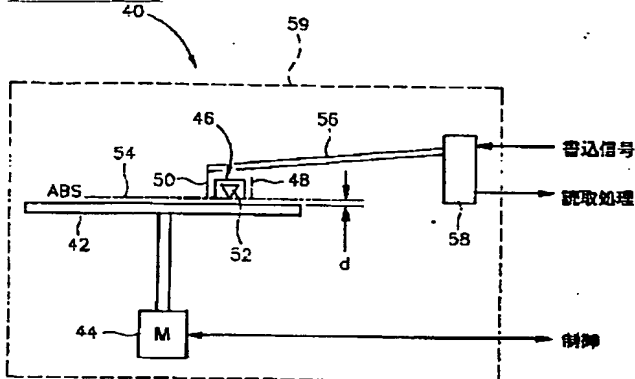
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

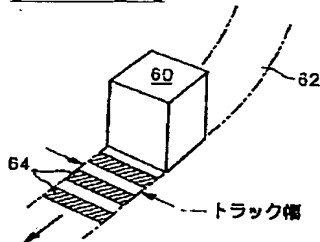
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

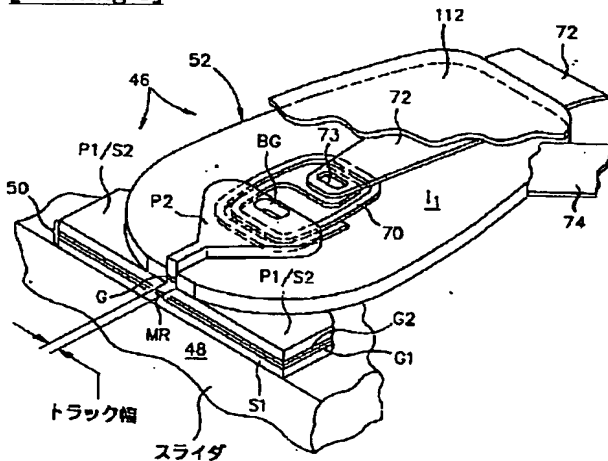
[Drawing 1]



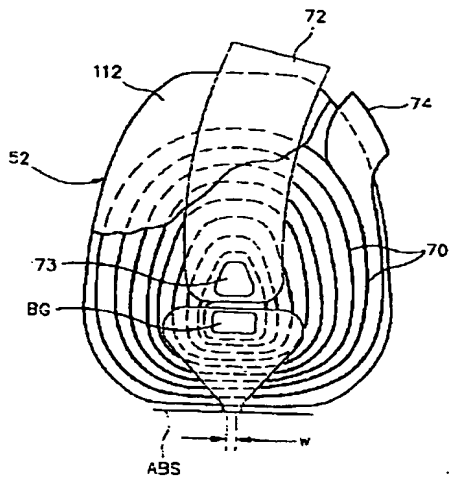
[Drawing 2]



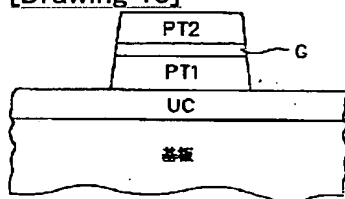
[Drawing 3]



[Drawing 4]

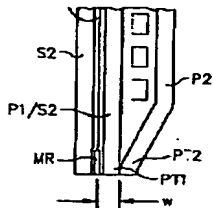


[Drawing 13]

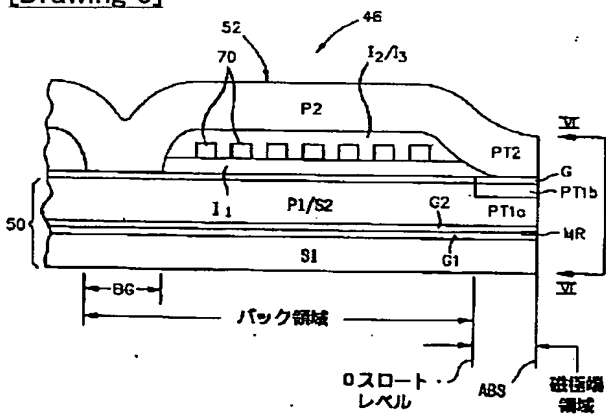


[Drawing 15]

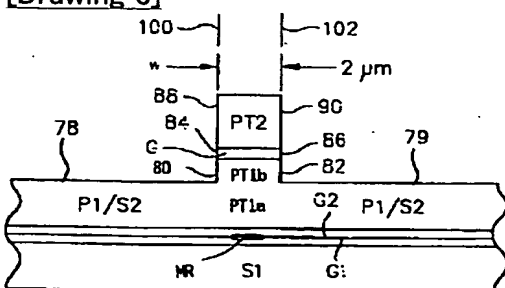
G1およびG2



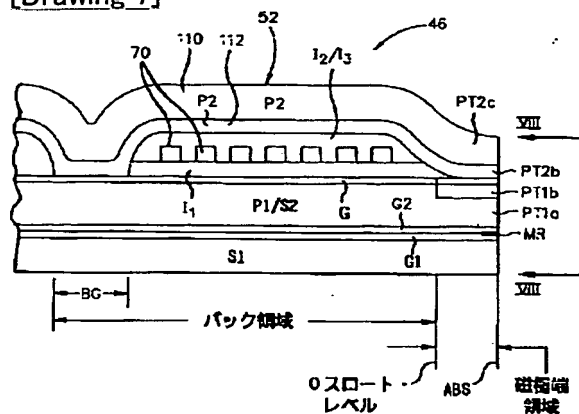
[Drawing 5]



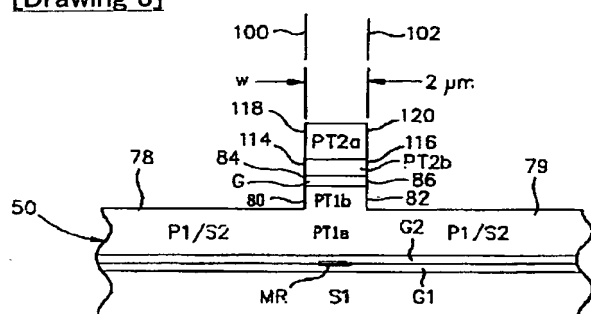
[Drawing 6]



**[Drawing 7]**

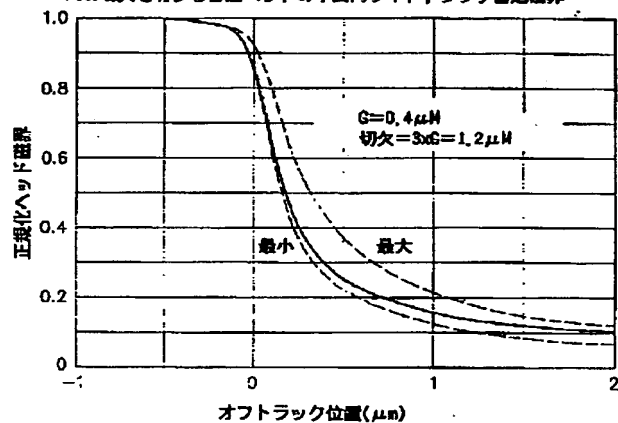


**[Drawing 8]**



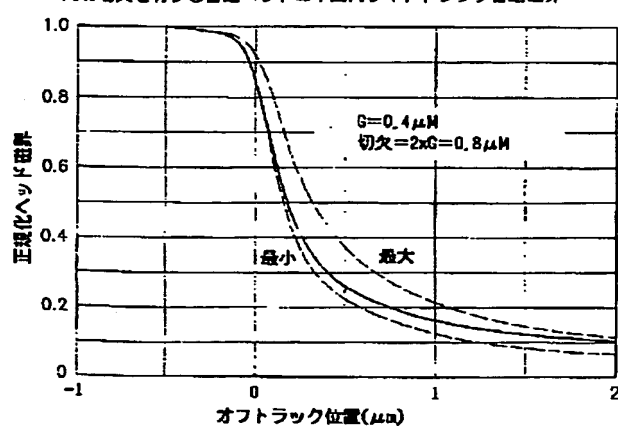
**[Drawing 9]**

PIの切欠を有する書込ヘッドの平面内サイドトラック書込磁界

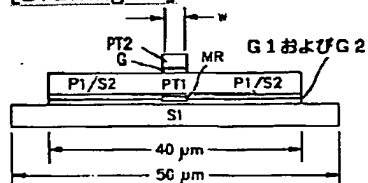


**[Drawing 10]**

P1の切欠を有する書込ヘッドの平面内サイドトラック書込磁界

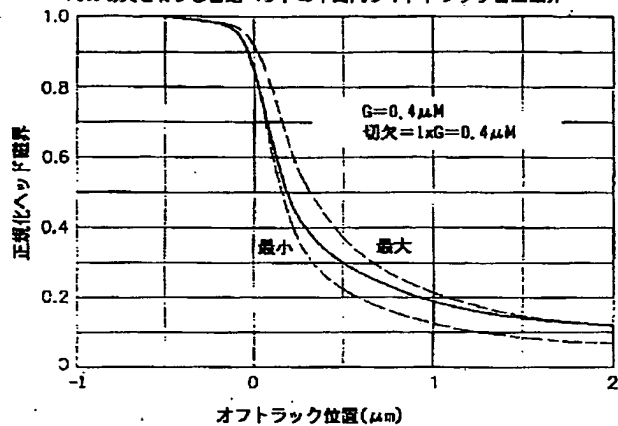


**[Drawing 14]**



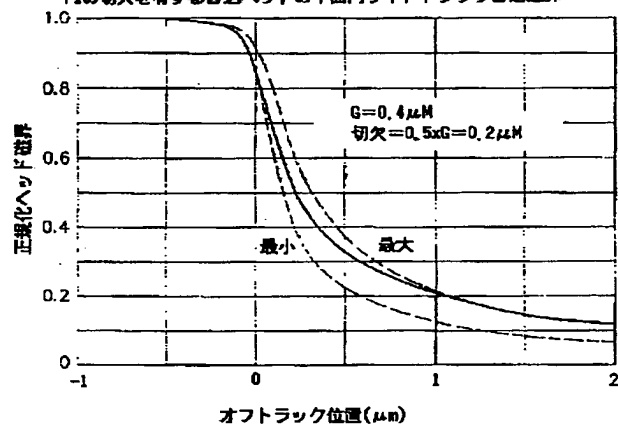
**[Drawing 11]**

P1の切欠を有する番込ヘッドの平面内サイドトラック番込磁界

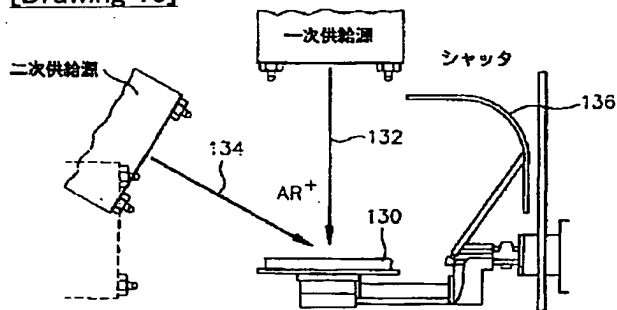


**[Drawing 12]**

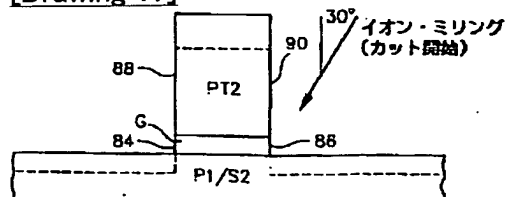
P1の切欠を有する蓄込ヘッドの平面内サイドトラック蓄込磁界



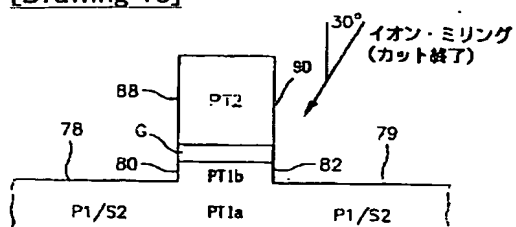
**[Drawing 16]**



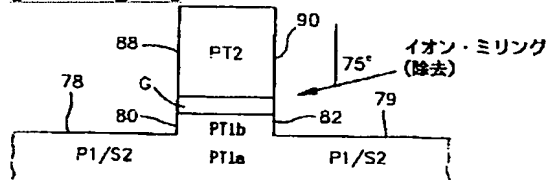
**[Drawing 17]**



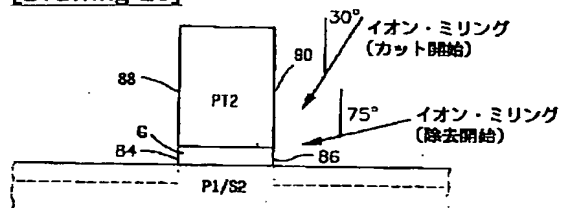
[Drawing 18]



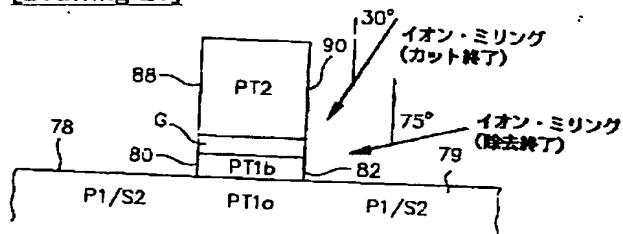
[Drawing 19]



[Drawing 20]

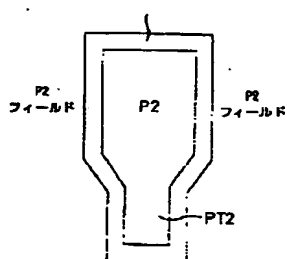


[Drawing 21]

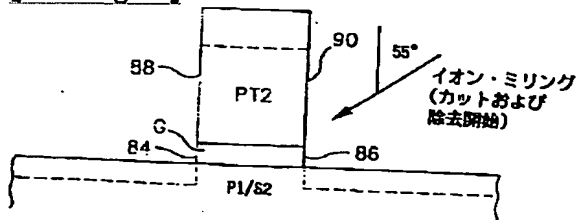


[Drawing 24]

フォトリソスト・フレーム

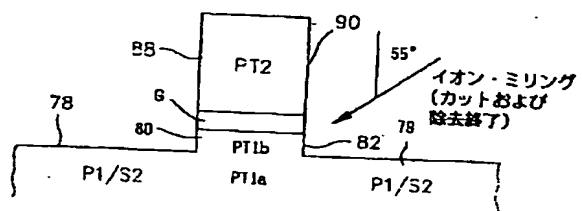


[Drawing 22]



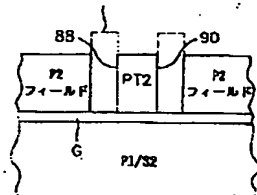
[Drawing 23]



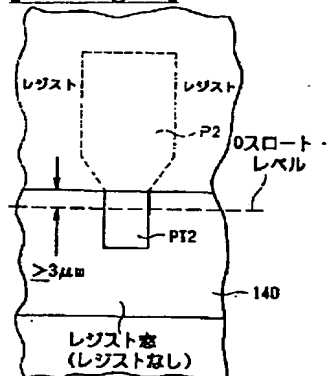


**[Drawing 25]**

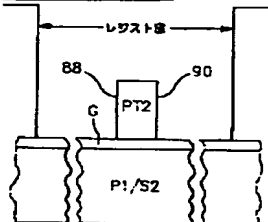
## フォトレジストを取り除く



**[Drawing 26]**

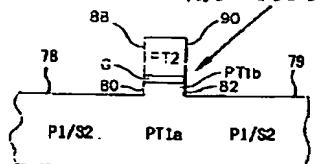


[Drawing 27]



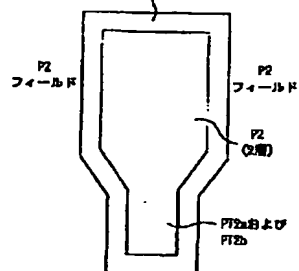
[Drawing 28]

## イオン・ミリング



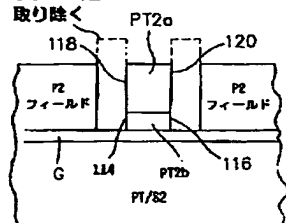
**[Drawing 29]**

フォトレジスト・  
フレーム

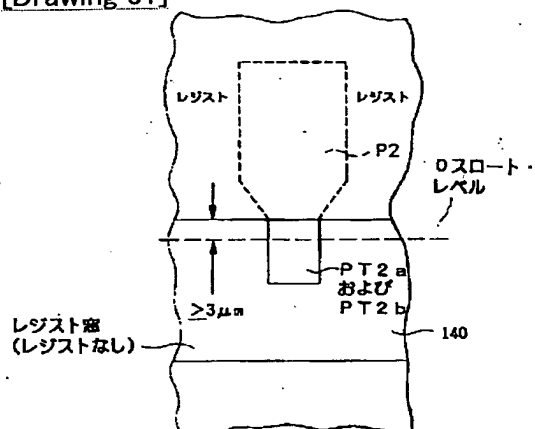


[Drawing 30]

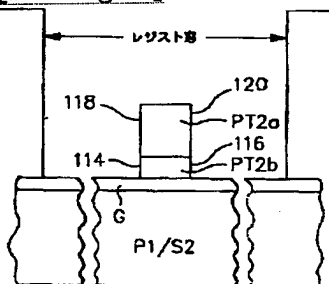
フォトリソスト・  
フレームを  
取り除く



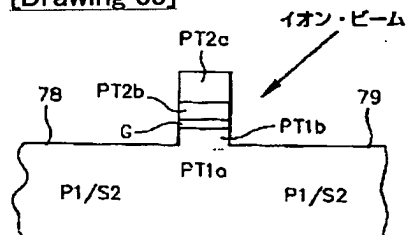
[Drawing 31]



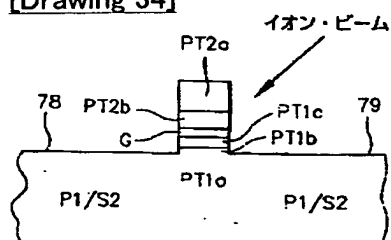
[Drawing 32]



[Drawing 33]



[Drawing 34]



---

[Translation done.]